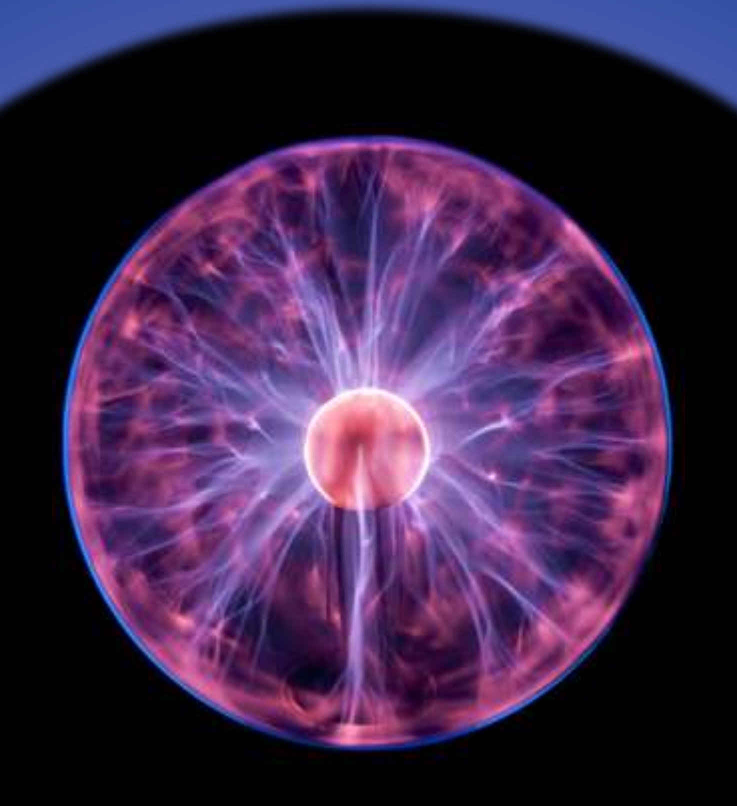
أساسيات الفيزياء

بنان راجي الكريم





2018/1439

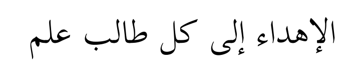
أساسيات الفيزياء

بنان راجي الكريم

الإصدار 3.3 5 نوفمبر 2018

كتاب مجاني


mohamed khatab


الإهداء إلى كل طالب علم

المقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين محمد بن عبد الله عليه وعلى آله أفضل الصلاة والتسليم.

أحمد الله جل وعلا، على أن امتن علي بكتابة هذا الكتيب الخاص بتبسيط الفيزياء، ومع أنه لا يشمل كل أبواب هذا العلم الكريم إلا أنني أرجو أن يكرمني رب العالمين بإضافة ما يتيسر في إصدارات قادمة إن شاء الله.

وادعوا الله بفضله وكرمه أن يجعلني ممن يشملهم الحديث الشريف »من سلك طريقا يلتمس فيه علما سهل الله له به طريقا إلى الجنة«.

حقوق الملكية الفكرية

هذا الكتيب مجاني.

- التصميم وتحرير الكتاب باستخدام برنامج ليك *Lyx* الخاص بكتابة الكتب والبحوث العلمية ورسائل الماجستير والدكتوراه، ولغة لتيك *Latex* مفتوحتي المصدر.

- الرسومات التوضيحية ورموز الباركود باستخدام برنامج انكسكيب *inkscape* المفتوح المصدر وبرنامج *gnuplot* للرسوم البيانية المجاني والمفتوح المصدر وبرنامج بلندر *Blender* للرسوم المجسمة.

- الاستشهادات مملوكة لأصحابها.

- تم كتابة النصوص بخط شهرزاد، والغلاف بخط *KacstTitle* ، وجميعها مجانية ومفتوحة المصدر.

- قاعدة بيانات قائمة المراجع *bibtex* تم إنشاءها وتحريرها باستخدام برنامج *JabRef* المجاني والمفتوح المصدر.

* مرفق مع الكتاب ملف *HPhysics.py* يحتوي كود بايثون لحل المسائل الخارجية الموضوعة على قوانين هذا الكتاب (راجع فصل الملحقات في آخر الكتاب).

* لأفضل قراءة: ليس كل مستعرضات *pdf* على الاندرويد و *ios* تدعم اللغة العربية، أو الروابط التشعبية *hyperlink* ، والرسوم بصيغة *svg* المتجهية، لذا أنصح بتركيب برنامج *adobe acrobat reader* الأصلي.

المحتويات

1

أساسيات الفيزياء

- الكميات الفيزيائية
- الوحدات
- بادئات الوحدات والتحويلات



مقدمة

1.1 أساسيات الفيزياء

إن أول ردة فعل لنا عند سماعنا لكلمة »فيزياء« هي شيء من الخوف، لأننا سنتذكر المعادلات والمسائل الحسابية، وأيضا النظرة السلبية التي ينقلها لنا بعض الناس. في الحقيقة إن الفيزياء هي شيء أكبر من ذلك، إنها كل ما يحيط بنا، إنها الطبيعة التي خلقها الله من حولنا، وما يسر لنا من أجهزة وآلات. الفيزياء ساعدتنا في صناعة ما يسر حياتنا مثل السيارة، وما جعلها ممتعة مثل التلفزيون.

إذا نظرت إلى السماء ورأيت النجوم وحركتها، أو فتحت غرفتك ونظرت إلى حاسبك أو هاتفك فأنت ترى الفيزياء، لقد خلق الله سبحانه وتعالى الإنسان لأمرين عبادته وعمارة الأرض، والفيزياء هي من خير ما يعينك على القيام بالإثنين.

1.1.0.1 الكميات الفيزيائية

الكميات الفيزيائية هي أي شيء يمكن قياسه. مثل القوة والكتلة والطول.

1.1.0.2 وحدات النظام الدولي

الوحدات الفيزيائية هي تعابير تدل على نوع الكمية الفيزيائية.

فإذا قلنا مثلا سار رجل 10 ، فإن الجملة تكون مبهمة لأننا لم نحدد إن كان الرجل سار 10 أمتار أم 10 أميال أم 10 كيلومتر .... ، ولهذا تعتبر الوحدات الفيزيائية أداة لا غني عنها عند كتابة الكميات الفيزيائية. والوحدات الفيزيائية تنقسم إلى قسمين: كميات أساسية وكميات مشتقة

Symbol	Unit		quantity Base	
الرمز	الوحدة		الكمية الأساسية	
m	$metre$	المتر	$Length$	الطول
Kg	$Kilogram$	الكيلو غرام	$Mass$	الكتلة
s	$Second$	الثانية	$Time$	الزمن
A	$Ampere$	الأمبير	$Electric\ Current$	التيار الكهربائي
K	$Kelvin$	الكالفن	$Temperature$	درجة الحرارة
mol	$Mole$	المول	$Amount\ of\ substance$	كمية المادة
cd	$Candela$	الشمعة	$Luminous\ Intensity$	شدة الإضاءة

جدول 1.1: الكميات الفيزيائية الأساسية

أهم الوحدات الأساسية هي:

الثانية الثانية في النظام الدولي للوحدات تساوي $\frac{1\ day}{86,400}$ ، ثم في عام 1967 تم قياسها بدلالة الساعة الذرية فالثانية الواحدة تساوي 9.192,631,770 اهتزازة لذرة السيزيوم.

المتر المتر في النظام الدولي للوحدات، تم قياسه في عام 1791 باعتباره 1/10,000,000 من المسافة بين خط الاستواء والقطب الشمالي للأرض، ثم في عام 1889 ثم تحديده بأنه طول مسطرة من البلاتينيوم والإريديوم محفوظة في باريس، ثم تم تحديده بأنه طول شعاع ضوئي برتقالي صادر عن ذرة كريبتون وطوله 1,650,763,73 طول موجي، وفي عام 1983 تم تعيينه بأنه المسافة التي يقطعها الضوء في زمن مقداره 1/299,792,458 ثانية في الفراغ.

الكيلو غرام الكيلو غرام في النظام الدولي للوحدات، يساوي كتلة أسطوانة من البلاتينيوم والإريديوم محفوظة في باريس.

النظام الدولي للوحدات SI

هو نظام تم إنشاءه وتطويره بعد الثورة الفرنسية، وسمي النظام الدولي الفرنسي للوحدات، ثم تم اعتماده دوليا وحذفت كلمة الفرنسي ليصبح الاسم »النظام الدولي للوحدات« . ويحتوي هذا النظام على سبع كميات فيزيائية أساسية موضحة في الجدول أما البقية فيمكن اشتقاقها من هذه السبعة. وعندما نريد كتابة وحدة كمية فيزيائية فإننا نجعل الحرف الأول كبير إذا كانت الوحدة مشتقة من اسم شخص مثل نيوتن N وهيرتز Hz أما إذا لم تكن مشتقة من اسم إنسان فإننا نكتبها بحرف صغير مثل المتر m والمول $mole$.

ويمكن اشتقاق الوحدات من المعادلات الفيزيائية بالتعويض بالوحدات بدلا من الأرقام، مثل اشتقاق وحدة القوة:

$$F=ma=kg\times m/s^2=kg.m.s^{-2}$$

وكنوع من الاختصار والتكريم أيضا تم تسمية تركيبة وحدة القوة $kg.m.s^{-2}$ باسم العالم نيوتن $Newton$ وتختصر N .

1.1.0.3 تقريب الأرقام

تقريب الأرقام *Rounding Off* ، عند حلنا لمسألة فيزيائية فإننا في الكثير من الأحيان نحصل على عدد يحتوي رقم عشري طويل مثل 6.8274629 وغالبا نحن لا نحتاج الحصول على نتيجة ذات دقة عاليه جدا، ولهذا تم التعارف على جعل تقريب العدد العشري (يمين الفاصلة) إلى 3 خانات. مع إضافة 1 للخانة الثالثة إذا كان العدد العشري الرابع 5 أو أكبر، وإبقاءها كما هي إذا كان العدد العشري الرابع أقل من 5 .

مثال 1.1.1 السؤال

قرب الأعداد التالية 3.761514 و 89.2673549 ؟

الحل

تعيين المعطيات: العدد الأول 3.761514 ، العدد الثاني 89.2673549

التطبيق:

العدد الأول 3.761514 يصبح 3.762 لأن العدد الرابع (يمين الفاصلة) 5 ولهذا نضيف 1 للخانة الثالثة (يمين الفاصلة) فيصبح 2=1+1 .

أما العدد الثاني 89.2673549 يصبح 89.267 لأن العدد الرابع (يمين الفاصلة) 3 وهو أقل من 5 فإننا لا نضيف شيء للخانة الثالثة (يمين الفاصلة).

النتيجة: نضيف واحد للخانة الثالثة يمين الفاصلة إذا كانت الخانة الرابعة أكبر أو تساوي 5 ونبقيها كما هي إذا كانت الخانة الرابعة أقل من 5 .

أخيرا إذا كانت المسألة مكونة من عدة فقرات مبنية على بعضها فإننا نقرب النتيجة النهائية فقط، وذلك للحصول على نتيجة دقيقة. وإذا كان الصفر هو آخر رقم في العدد العشري يمين الفاصلة فإننا نحذفه مثل 2.510 يصبح 2.51 .

1.1.0.4 التدوين العلمي للأرقام

التدوين العلمي للأرقام *Scientific notation* ، تختصر الأرقام العلمية عادة بضرب الرقم في $\times 10^{\pm x}$ حيث x عدد خانات تحريك الفاصلة، وتكون موجبة إذا حركنا الفاصلة لليسار وسالبة إذا حركناها لليمين.

مثال 1.1.2 السؤال

أكتب العدد التالي بعدة طرق علمية 4729.1835 ؟

الحل

تعيين المعطيات: العدد 4729.1835

التطبيق:

4.7291835×10^{3}

47.291835×10^{2}

472.91835×10^{1}

4729.1835

47291.835×10^{-1}

472918.35×10^{-2}

4729183.5×10^{-3}

47291835×10^{-4}

النتيجة: إذا حركنا الفاصلة لليسار نضيف 1 للأس، وإذا حركنا الفاصلة لليمين نضيف -1 للأس.

1.1.0.5 بادئات الوحدات

بادئات الوحدات *Prefixes of Units* ، توجد عدة اختصارات توضع قبل الوحدات للتعبير عن رقم معين مثل كلمة كيلو تعني ألف، فإذا قلنا $1Km$ فهذا يعني $1000m$ وفي الجدول التالي أشهر بادئات الوحدات.

Prefix	*Symbol*	*Exponent*	*Prefix*	*Symbol*	*Exponent*	*Prefix*	*Symbol*	*Exponent*
deca	*da*	$\times10^{1}$	*exa*	*E*	$\times10^{18}$	*micro*	μ	$\times10^{-6}$
hecto	*h*	$\times10^{2}$	*zetta*	*Z*	$\times10^{21}$	*nano*	*n*	$\times10^{-9}$
kilo	*k*	$\times10^{3}$	*yotta*	*Y*	$\times10^{24}$	*pico*	*p*	$\times10^{-12}$
mega	*M*	$\times10^{6}$	-	-	-	*femto*	*f*	$\times10^{-15}$
giga	*G*	$\times10^{9}$	*deci*	*d*	$\times10^{-1}$	*atto*	*a*	$\times10^{-18}$
tera	*T*	$\times10^{12}$	*centa*	*c*	$\times10^{-2}$	*zepto*	*z*	$\times10^{-21}$
peta	*P*	$\times10^{15}$	*milli*	*m*	$\times10^{-3}$	*yocto*	*y*	$\times10^{-24}$

جدول 1.2: بادئات الوحدات

مثال 1.1.3 السؤال

اختصر الأرقام التالية باستخدام بادئات الوحدات؟

الحل

تعيين المعطيات: $1100m$ ، $0.003l$ ، $8000000kg$

التطبيق:

$1100m=1.1km$

$0.003l=3ml$

$8000000kg=8Mkg$

النتيجة: أننا نستطيع اختصار كتابة الأرقام العلمية باستخدام بادئات الوحدات.

1.1.0.6 تحويل الوحدات

تحويل الوحدات $Change\,or\,Conversion\,Units$ ، للتحويل بين الوحدات نستخدم عادة العمليات الحسابية المعروفة مثل الجمع والطرح والقسمة والضرب، ولكل تحويل طريقته الخاصة، ولنأخذ بعض الأمثلة.

مثلا لتحويل المسافة من $5km$ إلى m : حيث أن كل $kilo$ يساوي 1000 فإن $5\times1000=5000m$.

مثال لتحويل السرعة من $72km/h$ إلى m/s : حيث أن كل $km=1000m$ وكل ساعة $h=3600s$ فإن $72\times\frac{1000}{3600}=\frac{72000}{3600}=20m/s$. ويمكن اختصارها في العلاقة:

$$\mathrm{km/h}\underset{\times3.6}{\overset{\div3.6}{\rightleftarrows}}\mathrm{m/s}$$

مثال لتحويل درجة الحرارة من $^{\circ}C$ إلى $^{\circ}F$: توجد صيغة عامة للتحويل بين أي وحدتين لدرجة الحرارة وتوجد صيغ أخرى مختصرة ومشتقة من الصيغة العامة.

	درجة التجمد	درجة الغليان	ΔT
F	32	212	180
C	0	100	100
K	273	373	100

$$\frac{T_{a1}-T_{a0}}{\Delta T_a}=\frac{T_{b1}-T_{b0}}{\Delta T_b}$$

حيث a مقياس الحرارة الأول و b مقياس الحرارة الثاني، T_{a0} درجة تجمد الماء في المقياس الأول، T_{a1} الدرجة الحالية، ΔT_a الفرق بين درجة تجمد وغليان الماء في المقياس الأول.

مثال 1.1.4 السؤال

حول $60^{\circ}C$ إلى $^{\circ}F$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $T_{a1}=60^{\circ}C$

التطبيق:

$$\frac{T_{a1}-T_{a0}}{\Delta T_a}=\frac{T_{b1}-T_{b0}}{\Delta T_b}$$

$$\frac{60-0}{100}=\frac{T_{b1}-32}{180}$$

$$0.6\times180=T_{b1}-32$$

$$T_{b1}=108+32=140^{\circ}F$$

النتيجة: درجة الحرارة تساوي 140 درجة فهرنهايت.

من الصيغ المشتقة منها $T_k=T_c+273$ للتحويل بين الكالفن والسلزيوس.

1.1.0.7 أشهر الثوابت الفيزيائية

الكمية الفيزيائية	مقدارها		الكمية الفيزيائية	مقدارها
كتلة الإلكترون	$m_e=9.11\times10^{-31}kg$		سرعة الضوء	$c=3\times10^{8}m/s$
شحنة الإلكترون	$e=-1.6\times10^{-19}C$		ثابت بلانك	$h=6.63\times10^{-34}J.s$
عدد أفوغادرو	$N_A=6.02\times10^{23}$		ثابت بلانك	$h=4.14\times10^{-15}eV.s$
ثابت الغاز العام	$R=8.31J/mol.K$		ثابت النفاذية المغناطيسية	$\epsilon_0=8.85\times10^{-12}C^2/N.m^2$
ثابت بولتزمان	$k=1.38\times10^{-23}J/K$		ثابت السماحية الكهربائية	$\mu_0=4\pi\times10^{-7}T.m/A$
ثابت الجاذبية العام	$G=6.67\times10^{-11}m^3/kg.s^2$		تسارع الجاذبية الأرضية	$g=9.8m/s^2$
وحدة الضغط الجوي	$1\,atm=1\times10^5N/m^2=1\times10^5Pa$		الأنجستروم	$1\,A^{\circ}=1\times10^{-10}m=0.1nm$

1.1.0.8 الدقة وعدم اليقين

قد يسألك شخص ما كم كتلتك؟ فإذا لم تكن قد وقفت على الميزان حديثا فإنك ستقول شيئا قريبا من: كتلتي $60kg$ قد تزيد $3kg$ أو تقل $3kg$ ، إن عدم التأكد التام من مقدار الكمية الفيزيائية يسمى بعدم اليقين *Uncertainty* ويرمز له بالرمز δA وينطق دلتا (دلتا الصغيرة)، ولو طبقناه على المثال السابق سنكتب كتلتك بالشكل التالي $60kg\pm3$ والرمز $\pm$ يعني أن المقدار قد يزيد أو ينقص.

أسباب عدم اليقين: توجد الكثير من الأسباب في عدم اليقين لكن أهمها.

- محدودية جهاز القياس المستخدم.
- خطأ في تصميم الشيء المقاس.
- ضعف مهارة الشخص الذي يجري القياس.
- العوامل الأخرى المؤثرة أثناء عملية القياس مثل الحرارة والرياح أو غيرهما.

نسبة عدم اليقين

يمكن أن يمثل عدم اليقين بالنسبة المئوية بدلا من القيمة بالتعويض في القانون:

$$unc\,\% = \frac{\delta A}{A}\times100 \tag{1.1}$$

حيث A الكمية الفيزيائية، δA مقدار عدم اليقين.

مثال 1.1.5 السؤال

احسب نسبة عدم اليقين في المثال السابق؟


الحل

تعيين المعطيات: $A=60$ ، $\delta A=3$

التطبيق:

$$unc\,\%=\frac{\delta A}{A}\times100$$

$$unc\,\%=\frac{3}{60}\times100=5\%$$

نكتب الكمية الفيزيائية بالشكل التالي: $60kg\pm5\%$.

* إذا ضربنا أو قسمنا كميتين فيزيائيتين أو أكثر، فإن نسبة عدم اليقين للنتيجة النهائية تساوي مجموع نسب عدم اليقين لهم جميعا.

1.2 التدريبات

1- سيارة تسير بسرعة $110km/h$ فكم تكون سرعتها بوحدة m/s ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}110km/h$

التطبيق:

$$v{=}\frac{110}{3.6}{=}2.778m/s$$

2- تتحرك الصفائح التكتونية للأرض بسرعة $4cm/year$ ، احسب سرعتها بوحدة m/s ؟ ثم احسب المسافة التي تتحركها خلال مليون سنة؟

3- يبلغ متوسط كتلة الخروف $30kg$ وقد يزيد أو ينقض $5kg$ ، كم نسبة عدم اليقين؟

ا) 16.667% ✓　　ج) 0%

ب) 60%　　د) 4.847%

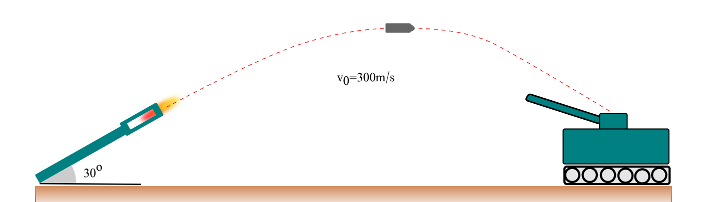
4- جسم يتحرك بسرعة $50m/s$ ونسبة عدة اليقين له 8% ، فكم تكون الزيادة أو النقصان في سرعته δA ؟

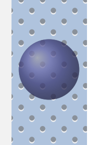
5- يدق قلب شخص ما 75 ضربة في الدقيقة، احسب عدد الضربات في عام، مع اختصار النتيجة باستخدام بادئات الوحدات؟

2

الحركة

- دراسة قوانين نيوتن الثلاث
- دراسة السقوط الحر
- دراسة المقذوفات



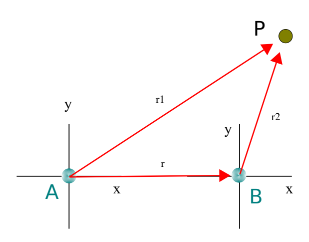


مقدمة

علم الحركة هو علم يدرس حركة الأجسام بدون النظر في مسبباتها، ويشمل حركة الأجسام في بعد أو بعدين. مثل حركة العداء أو السيارة، واكتسب اسمه من كلمة *Kinematics* في اللغة اليونانية والتي تعني الحركة، ومنها اشتقت كلمة *Cinema* أي تحريك الصور.

2.0.1 الحركة

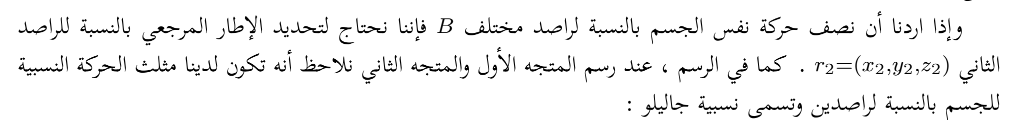
2.0.1.1 الإطار المرجعي



شكل 2.1: الأطر المرجعية لمراقبين

الإطار المرجعي *Frame of reference* ، حين نتحدث عن جسم P متحرك بطريقة معينة فإننا يجب أن نصف حركته بالنسبة لمراقب معين، فالشخص الجالس بجوارنا في السيارة سرعته صفر بالنسبة لنا لكن سرعته تساوي سرعة السيارة بالنسبة لمراقب يقف على الرصيف، والاتجاه يتأثر أيضا بالنسبة للإطار المرجعي، فالسيارة تسير من اليسار لليمين بالنسبة لمراقب على الرصيف الأيمن، لكنها تتجه من اليمين لليسار بالنسبة لمراقب على الرصيف المقابل. ولهذا تمثل السرعة ككمية متجهة بالنسبة لراصد في إطار مرجعي $r_1=(x_1,y_1,z_1)$ ، إن الإطار المرجعي r هو الإحداثيات (x,y,z) للجسم بالنسبة لمراقب معين.

وإذا اردنا أن نصف حركة نفس الجسم بالنسبة لراصد مختلف B فإننا نحتاج لتحديد الإطار المرجعي بالنسبة للراصد الثاني $r_2=(x_2,y_2,z_2)$. كما في الرسم ، عند رسم المتجه الأول والمتجه الثاني نلاحظ أنه تكون لدينا مثلث الحركة النسبية للجسم بالنسبة لراصدين وتسمى نسبية جاليلو :



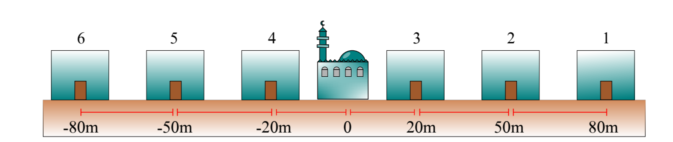
$$r_1=r+r_2$$

وبالطريقة نفسها يمكن إيجاد السرعة $v_{r_1}=v+v_{r_2}$ والتسارع $a_{r_1}=a+a_{r_2}$ ، نلاحظ أنه في حالة حركة المراقبين بسرعة ثابتة بالنسبة لبعضهما فإن التسارع $a=0$ وبالتالي $a_{r_1}=a_{r_2}$. أخيرا إن نسبية جاليلو صحيحة فقط عند السرعات الأقل كثيرا من سرعة الضوء $v<<C$ ، أما في حالة السرعات القريبة من سرعة الضوء فإننا نستخدم معادلات لورنتز في النسبية.

2.0.1.2 الموضع

الموضع *Position* هو مقياس للموقع، مع مرجع لنقطة أصل معينة.

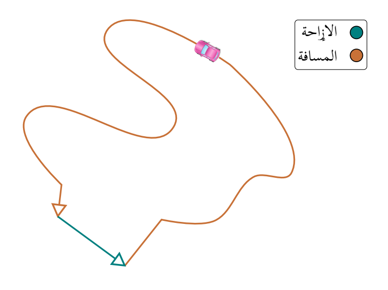
وهذا يعني أن الموضع قد يكون على يمين نقطة الأصل (موجب)، وقد يكون على يسارها (سالب)، فمثلا لو اعتبرنا أن



المسجد هو نقطة الأصل فإن موضع المنزل رقم 1 على بعد $+80m$ أي على يمين نقطة الأصل، بينما المنزل رقم 6 موضعه على بعد $-80m$ أي على يسار نقطة الأصل التي هي المسجد في هذا المثال.

2.0.1.3 الإزاحة والمسافة

الإزاحة *Displacement* هي التغير في موضع الجسم. وهي كمية متجهة لها مقدار واتجاه، ووحدة الإزاحة هي المتر.



شكل 2.2: الإزاحة والمسافة

$$\triangle x=x_f-x_i$$

مثلا لو اردنا أن نعرف إزاحة الجسم عند انتقاله من المنزل 3 إلى المنزل 1 : $\Delta x=80-20=60m$ والإشارة الموجبة تعني أننا انتقلنا باتجاه اليمين، ولو انتقل الجسم من المنزل 2 إلى المنزل 5 فإن الإزاحة $\Delta x=-50-50=-100m$ والإشارة السالبة تعني أننا تحركنا باتجاه اليسار.

المسافة $Distance$ هي طول المسار الذي قطعه الجسم دون تحديد للاتجاه. لأن المسافة كمية قياسية وليست متجهة، وطول المسار يمثل المسافة الفعلية التي قطعها الجسم. بينما الإزاحة تمثل الخط المستقيم بين نقطة البداية ونقطة النهاية كما في الشكل التوضيحي.

2.0.1.4 الزمن

معظم الكميات الفيزيائية تعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأخرى، أو بطريقة قياسها، والزمن كذلك من المستحيل أن نعرفه بدون ربطه بالتغير الحاصل في كمية فيزيائية أو أكثر، إن توقف التغير يعني عدم وجود الزمن. عندما تقلع الطائرة $9A.M$ وتصل $10A.M$ فإننا نقول أن الطائرة قطعت المسافة بين المطارين في زمن مقداره ساعة واحدة، فربطنا الزمن بدلالة التغير في المسافة، وكذلك هو بدلالة التغير في السرعة فنقول سيارة زادت سرعتها من $0m/s$ إلى $10m/s$ خلال $5s$ فربطنا الزمن بالتغير في السرعة.

يرمز للزمن بالحرف t ونجعله t_0 للدلالة على الزمن الإبتدائي و t_f للزمن النهائي.

2.0.1.5 الكمية القياسية والكمية المتجهة

الكمية القياسية $Scalar$ هي كمية فيزيائية لها مقدار فقط مثل المسافة، والكمية المتجهة $Vector$ هي كمية لها مقدار واتجاه مثل السرعة.



شكل 2.3: الشاحنة الكبيرة يصعب تحريكها إن كانت ساكنة، ويصعب إيقافها إن كانت متحركه لأن قصورها الذاتي كبير نتيجة لكبر كتلتها.

2.0.1.6 قوانين نيوتن

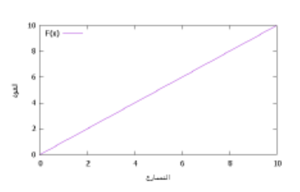
القانون الأول - قانون القصور الذاتي يبقى الجسم محافظا على سرعته ($v{\geq}0$) ما لم تؤثر عليه قوة خارجية غير متزنة. [1]

حين نركل جسما كالكرة إلى الأمام فإنه يبدأ بالسير بسرعة كبيرة ثم تبدأ سرعته بالتناقص شيئا فشيئا إلى أن يتوقف، وهذا التناقص في السرعة ناتج عن قوة خارجية نسميها قوة الاحتكاك، ولو لم توجد تلك القوة الخارجية لاستمر الجسم في حركته بتأثير القصور الذاتي، والجسم الساكن مثل الكتاب على الرف سيبقى ثابتا في مكانه بتأثير القصور الذاتي ما لم يأت إنسان ويؤثر عليه بقوة خارجية فيرفعه من مكانه، وكلما كانت كتلة الجسم أكبر كلما كان تحريكه أصعب، أي أن قصوره الذاتي يزداد بزيادة كتلته.

⋆ هدف وجداني

إن ربط حزام الأمان في السيارة يحمي الركاب وخصوصا الأطفال من آثار القصور الذاتي عند الاصطدام.

$$\sum F_i = 0 \tag{2.1}$$



شكل 2.4: نيوتن الثاني: يزداد التسارع بزيادة القوة.

وقد وجد نيوتن أن مقاومة الجسم للتغير في حركته لا تتأثر فقط بكتلة الجسم وإنما بسرعته أيضا، فالسيارة المتوقفة يمكن تحريكها بصعوبة، لكن بمجرد بدء حركتها $v{>}0$ نلاحظ أن تحريكها أصبح أسهل، فاستنتج نيوتن قانون كمية الحركة المعروف بقانون الزخم $P{=}mv$ والذي سيتم دراسته لاحقا. وحاجة الزخم لقوة خارجية تنتجة جعلت نيوتن يستنتج القانون الثاني للحركة.

القانون الثاني - قانون الديناميكا القوة المؤثرة على جسم تتناسب طرديا مع تسارعه في إطار مرجعي معين.

حين يبدأ القطار 🚂 بالانطلاق من المحطة فإن سرعته تبدأ بالزيادة من الصفر أثناء وقوفه ثم 1 م/ث ، 2 ، 3 ، .... ، إن هذه الزيادة المطردة في السرعة يطلق عليها فيزيائيا »التسارع الموجب« وهو عكس التسارع السالب الناتج عن تباطؤ الجسم، وقد نتجت الزيادة في سرعة القطار عن قوة يبذلها محركه في اتجاه الحركة، فالقوة ولدت زيادة في السرعة أي تسارع موجب، والعكس صحيح، فحين نبذل قوة عكسية بالمكابح (الفرامل) فإن السرعة تقل أي أن التسارع سالب، وهذا هو ما يعنيه قانون نيوتن الثاني.

توصل نيوتن إلى أن التغير في الزخم خلال زمن معين يحتاج لقوة خارجية[9] :

$$F = \frac{dP}{dt} = \frac{m \times dv}{dt} \tag{2.2}$$

$$\because a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow \sum F = ma \tag{2.3}$$

حيث F القوة N ، m الكتلة Kg ، a التسارع m/s^2 .

---

[1] نيوتن فيزيائي انجليزي توفي عام 1727م.

مثال 2.0.6 السؤال

أوجد القوة اللازمة لإكساب جسم ساكن كتلته $4kg$ تسارعا مقداره $3m/s^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=4Kg$ ، $a=3m/s^2$

التطبيق:

$F=ma$

$=4\times3$

$=12N$

النتيجة: القوة التي يجب بذلها على الجسم تساوي 12 نيوتن.

الاحتكاك هو قوة معاكسة للحركة النسبية بين الأنظمة.

عندما نحاول دفع صندوق على أرض خرسانية خشنة سنجد أن الصندوق لا يتحرك بسبب احتكاكه بالخرسانة، ونسميه الاحتكاك السكوني وتكون قوة الاحتكاك السكوني أصغر أو تساوي مضروب القوة في معامل الاحتكاك السكوني $f_s\leqslant\mu_s N$ ، وبعد أن يتحرك الجسم تتولد قوة احتكاك جديدة تسمى قوة الاحتكاك الحركي.

$$f_k = \mu_k N \qquad (2.4)$$

النظام	μ_s	μ_k	النظام	μ_s	μ_k
مطاط مع خرسانة	1	0.7	حديد مع حديد مزيت	0.05	0.03
خشب مع خشب	0.5	0.3	مفاصل العظام	0016	0.015
حديد مع حديد	0.6	0.3	معدن على الثلج	0.4	0.02

جدول 2.1: معاملات الاحتكاك لبعض الأنظمة

مثال 2.0.7 السؤال

كم الحد الأدنى من القوة لتحريك صندوق مطاطي كتلته $10kg$ على أرض خرسانية، وكم الاحتكاك الحركي له؟

الحل

تعيين المعطيات: $\mu_s=1$ ، $\mu_k=0.7$

التطبيق:

(الحد الأدنى) $\mu_s N = 1 * 10 * 9.8 = 98N$

$$f_k = \mu_k N \qquad (2.5)$$

$=0.7\times98=68.6N$

النتيجة: ليتحرك يجب أن تكون القوة المؤثرة أكبر من $98N$ ، والاحتكاك الحركي له 68.6 نيوتن.

قوة رد الفعل

قوة الفعل

شكل 2.5: قانون نيوتن الثالث: قوة اندفاع الغاز تولد قوة رد فعل ترفع الصاروخ.

القانون الثالث - قانون رد الفعل لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

تدخل أحيانا حبات من الغبار إلى الأنف فيعطس الإنسان، ويخرج الهواء من الفم بسرعة $160km/h$ ، نلاحظ عندها ارتداد الرأس إلى الخلف في اتجاه معاكس لاندفاع هواء العطسة، وهذا ما يحدث أيضا حين يخرج الهواء من مؤخرة الصاروخ، فالغازات المحترقة تندفع بقوة للأسفل ونسميها قوة الفعل بينما جسم الصاروخ يندفع بقوة معاكسة للأعلى وهي ما نسميها قوة رد الفعل وتكونان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، ويجب أن ننتبه إلى الخطأ الشائع القائل لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه، فليس لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار، فحين تدفع الكرسي للأمام مترا واحدا لن يندفع جسمك للخلف مترا واحدا مع أن الكرسي قد أثر على جسمك بقوة معاكسة تساوي القوة التي بذلتها عليه أثناء الدفع.[2]

[2] أبو البركات إبن ملكا أشهر العلماء المسلمين في القرن السادس الهجري الذين سبقوا في الحديث عن قوانين نيوتن ومبدأ جاليلو.

$$F_a = -F_b \quad (2.6)$$

حيث F_a قوة الفعل، F_b قوة رد الفعل، والإشارة السالبة تدل على الاتجاه المعاكس.

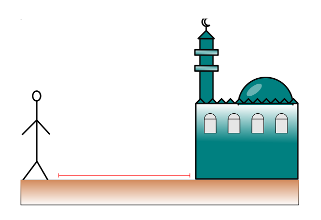
السرعة يوجد ثلاثة أنواع من السرعة هي السرعة القياسية *speed* هي المسافة التي يقطعها الجسم خلال زمن معين. والسرعة المتوسطة *Average velocity* هي الإزاحة التي يقطعها الجسم خلال زمن معين. ونستخدم أحيانا السرعة اللحظية والسرعة اللحظية *Instantaneous* هي السرعة عند لحظة معينة، ويمكن أن نعوض فيها بالمسافة فتكون لحظية قياسية، أو نعوض فيها بالإزاحة فتكون لحظية متجهة.

إن زيادة السرعة تعني زيادة المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن ، فإذا كان لدينا سيارة تقطع $10km$ في الساعة وسيارة أخرى تقطع $20km$ في الساعة، فهذا يعني أن السيارة الثانية أسرع من الأولى، لأنها تقطع مسافة أكبر في نفس وحدة الزمن وهي هنا الساعة، كما يجب ملاحظة أن السرعة كمية قياسية بينما السرعة المتوسطة كمية متجهة، فالطائرة التي تطير بسرعة $1000km/h$ لن تصل يوما إلى مطار الرياض إذا كان اتجاهها إلى مطار أبها.

$$speed = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{(السرعة)}$$

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad \text{(السرعة المتوسطة)}$$

حيث v السرعة m/s ، Δd التغير في الإزاحة m ، Δt التغير في الزمن s .



شكل 2.6: السرعة

مثال 2.0.8 السؤال

ذهب شاب للمسجد خلال 20 دقيقة وصلى ثم رجع لمنزله خلال مدة مساوية، فإذا علمت أنه يسكن على بعد $500m$ عن المسجد، احسب سرعته وسرعته المتوسطة؟

الحل

تعيين المعطيات: $t=40min=40\times60=2400s$

$d=500+500=1000m$

$\Delta d=500-500=0$

التطبيق:

$$speed = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{(السرعة)}$$

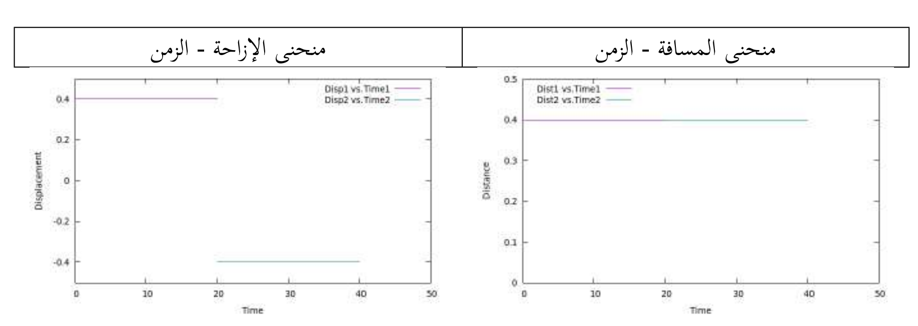
$$=\frac{1000}{2400}=0.4m/s$$

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \text{(السرعة المتوسطة)}$$

$$=\frac{500-500}{2400}=0m/s$$

النتيجة: السرعة التي يسير بها الشاب للوصول للمسجد $0.4m/s$ لكن السرعة المتوسط $0m/s$.

منحنى المسافة - الزمن	منحنى الإزاحة - الزمن



التسارع هو معدل تغير السرعة المتجهة خلال وحدة الزمن. وهو كمية متجهة لها مقدار واتجاه.

التسارع كمية فيزيائية نعبر بها عن الزيادة أو النقصان في سرعة جسم ما خلال فترة زمنية معينة، فحين ينطلق العداء في مضمار السباق، نقول أن له تسارع موجب، أي زادت سرعته من صفر إلى $10m/s$ مثلا، وحين يضغط راكب الدراجة على المكابح الهوائية إلى أن يتوقف، فإننا نقول إن تسارعه سالب، أي نقصت سرعته إلى أن أصبحت صفر، ويجب أن لا ننسى أن اتجاه التسارع قد لا يكون في نفس اتجاه الحركة، فحين نزيد السرعة $+a$ فإن اتجاه التسارع يكون في نفس اتجاه الحركة بينما حين نبطيء السرعة $-a$ فإن اتجاه التسارع يكون عكس اتجاه الحركة.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \tag{2.7}$$

حيث a التسارع m/s^2 ، Δv التغير في السرعة m/s .

مثال 2.0.9 السؤال

سيارة تستطيع الوصول إلى $100km/h$ من السكون خلال $3.5s$ ، أحسب تسارعها؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}100km/h{=}27.77m/s$ ، $t{=}3.5s$

التطبيق:

$a{=}\frac{v}{t}$

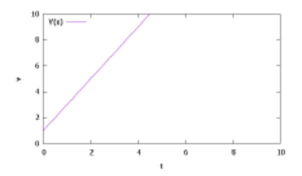
$={\frac{27.77}{3.5}}{=}7.93m/s^2$

النتيجة: تسارع السيارة 7.93متر/ثانية مربعة.

2.0.1.7 معادلات الحركة الخطية

معادلات الحركة هي معادلات متعلقة بالحركة الخطية، وتتعامل مع اربع متغيرات هي المسافة والزمن والسرعة والتسارع، والبعض يعتبرها ثلاث معادلات والبعض يعتبرها اربع وبعضهم يقول إنها خمس، لكن الحقيقة أنها جميعا مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثالثة والرابعة و...، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال.

$$v_f = a_0 t + v_0 \tag{2.8}$$



شكل 2.7: المعادلة الأولى للحركة: تزداد السرعة بزيادة الزمن.

مثال 2.0.10 السؤال

سيارة تسير بسرعة $10m/s$ ثم زادت سرعتها بتسارع مقداره $4m/s^2$ ، احسب السرعة التي ستصلها بعد 8 ثوان ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}10m/s$ ، $v_0{=}4m/s$ ، $t{=}8s$

التطبيق:

$v_x(t){=}a_0t{+}v_0$

$=(4{\times}8){+}10$

$=42m/s$

النتيجة: السرعة التي ستصلها السيارة بعد 8 ثوان تساوي 42 متر/ثانية.

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \tag{2.9}$$

مثال 2.0.11 السؤال

جسم ساكن انطلق بتسارع مقداره $5m/s^2$ لمدة $9s$ ، احسب المسافة التي قطعها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=0$ ، $a=5m/s^2$، $t=9s$

التطبيق:

$$x(t)=\frac{1}{2}at^2+v_0t$$

$$=(\frac{1}{2}\times5\times9^2)+(0\times9)$$

$$=202.5+0=202.5m$$

النتيجة: المسافة التي قطعها الجسم تبلغ 202.5متر.

أشهر المعادلات المستنتجة منهما $v_f^2=v_0^2+2a\Delta x$.

2.0.1.8 الوزن

الوزن هو قوة جذب الأرض للأجسام. وهو يدل على جذب الأرض للأجسام باتجاه مركزها، وهذه القوة تنخفض كلما ابتعدنا وتزداد كلما اقتربنا من مركز الأرض، ويرمز أحيانا للوزن F_g ويعني قوة الجاذبية.

$$Weight=mg$$

m الكتلة، g تسارع الجاذبية ويساوي $9.8m/s^2$ بالنسبة للأرض

ويمكن أن نستخدم نفس القانون لحساب الوزن على الكواكب الأخرى بشرط تغيير تسارع الجاذبية والذي يساوي $2.34m/s^2$ للمشتري، 0.38 للمريخ.

شكل 2.8: المعادلة الثانية للحركة: تزداد المسافة المقطوعة بزيادة الزمن.

شكل 2.9: الشهب هي جسيمات فضائية تسقط إلى الأرض سقوطا حرا، وإذا وصلت سرعتها 10 ماخ تتوهج.[6]

2.0.1.9 السقوط الحر

السقوط الحر هو سقوط الجسم باتجاه الأرض دون تأثير قوة خارجية عدا الجاذبية الأرضية.

وما يميز هذا النوع من الحركة أننا نستبدل التسارع الخطي a بتسارع الجاذبية الأرضية g ذو القيمة الثابتة $9.8m/s^2$ مهما تغيرت كتلة الجسم أو حجمه.

$$v_f(t)=\cancel{a}^{g}t+v_0 \qquad x(t)=\frac{1}{2}\cancel{a}^{g}t^2+v_0t$$

$$v_f(t)=gt+v_0 \qquad x(t)=\frac{1}{2}gt^2+v_0t$$

الزمن في السقوط الحر

$$t_g=\sqrt{\frac{2h}{g}} \tag{2.10}$$

حيث t_g زمن السقوط الحر، g تسارع الجاذبية الأرضية m/s^2 ، h الارتفاع m .

⋆ طرفة علمية

أعلى سقوط حر للأمريكي ايكتر الذي قفز من ارتفاع 25 ألف قدم بدون مظلة وسقط على شبكة دون أن يصاب بأذى.

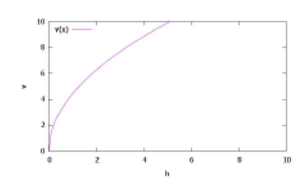
السرعة في السقوط الحر

القانون البسيط

حين نريد حساب سرعة الجسم الساقط سقوط حر، مع تجاهل الاحتكاك بالهواء فإننا نستخدم قانون بسيط، يعتمد على متغير واحد فقط هو الارتفاع، وثابت واحد هو ثابت الجاذبية الأرضية، لكن يجب علينا الانتباه إلى أن السرعة التي نتحدث عنها هي السرعة الرأسية.

$$v_g=\sqrt{2gh} \tag{2.11}$$

حيث v_g سرعة الجسم عند ارتفاع معين، g تسارع الجاذبية الأرضية، h الارتفاع.



شكل 2.10: زيادة سرعة السقوط الحر كلما زاد الإرتفاع بسبب تسارع الجاذبية الأرضية.

مثال 2.0.12 السؤال

سقطت كرة كتلتها $10Kg$ ونصف قطرها $1m$ من أعلى مبنى ارتفاعه $40m$ ، احسب الزمن اللازم لوصولها إلى الأرض، وسرعتها عند ذلك؟

الحل

تعيين المعطيات: $h{=}40m$ ، $g{=}9.8m/s^2$

التطبيق:

(الزمن) $t_g = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$=\sqrt{\frac{2\times40}{9.8}}$

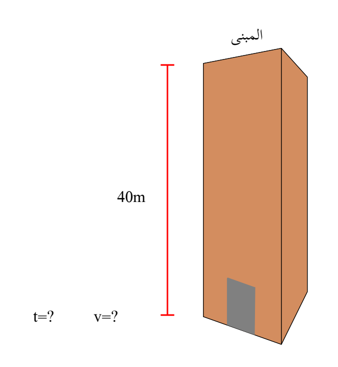
$=2.85s$

(السرعة) $v_g = \sqrt{2gh}$

$=\sqrt{2\times9.8\times40}$

$=28m/s$

النتيجة: سيصل الجسم للأرض بعد 2.85 ثانية وبسرعة 28 متر/ثانية، لاحظ أننا لم نستخدم الكتلة و نصف القطر.



شكل 2.11: السقوط الحر

درجة الحرارة	الهواء	الماء
$0^\circ C$	$171\mu p$	$1.792cp$
$20^\circ C$	$181\mu p$	$1.005cp$
$40^\circ C$	$190\mu p$	$0.656cp$
$100^\circ C$	$218\mu p$	$0.284cp$

جدول 2.2: معامل لزوجة الهواء والماء[18]

القانون الدقيق

عندما نريد حساب سرعة الجسم الذي يسقط سقوط حر، بدقة ومع مراعاة نوع الوسط المادي ولزوجته، فإننا نحتاج قانون أدق.

$$v = \frac{mg}{b}(1 - e^{-\frac{b}{m}t}) \tag{2.12}$$

$$b = -6\pi\eta r \tag{2.13}$$

$$F_D = \frac{1}{2}C\rho A v^2 \quad \text{(قوة السحب)}$$

$$v_{\text{الحدية}} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C_d}} \tag{2.14}$$

حيث b معامل السحب السطحي $N.s/m$ ، η معامل اللزوجة إيتا $N.s/m^2$ ، r نصف قطر الكرة الساقطة m ، ρ كثافة الوسط رو، A مساحة الجسم، C_d معامل الإعاقة أو السحب (لجسم معين في مائع معين).

السرعة تتوقف عن الزيادة عند الوصول لسرعة معينة $a{=}0m/s^2$ تسمى السرعة الحدية، وهذه السرعة تتغير بتغير لزوجة الوسط وكتلة المادة وحجمها. وقوة الإعاقة F_D هي قوة ممانعة معاكسة لاتجاه حركة الجسم مثل الاحتكاك، وتستخدم لدراسة انسيابية الأجسام في الموائع، ولكل نوع من السيارات أو الطائرات معامل إعاقة خاص بها، وكلما كان معامل الإعاقة أقل كلما كان قوة السحب اقل وبالتالي استهلاك للوقود أقل والعكس صحيح.

الجسم	C	الجسم	C
الدراجة الهوائية	0.9	مظلي رأسي	0.7
الكرة	0.45	مظلي أفقي	1.0

جدول 2.3: بعض معاملات الإعاقة

مثال 2.0.13 السؤال

سقطت كرة كتلتها $0.1Kg$ ونصف قطرها $1cm$ من أعلى مبنى ارتفاعه $40m$ ، احسب سرعتها بعد $2.85s$ حيث معامل لزوجة الهواء $171\mu p$ (ميكروبواز) عند صفر سلزيوس ؟

الحل

تعيين المعطيات: h=40m ، r=0.01m ، t=2.85s ، η=171×10^{-6}p=171×10$^{-7}Pa.s$

التطبيق:

$$b = 6\pi\eta r \quad \text{(معامل السحب السطحي)}$$

$$=6\pi\times171\times10^{-7}\times0.01$$

$$=32.23\times10^{-7}$$

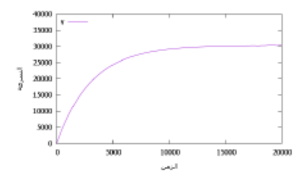
$$v = \frac{mg}{b}(1 - e^{-\frac{b}{m}t}) \quad \text{(السرعة)}$$

$$=\frac{0.1*9.8}{32.23\times10^{-7}}(1-e^{-\frac{32.23\times10^{-7}}{0.1}\times2.85})$$

$$=304064.53\times(1-e^{-9.18\times10^{-5}})$$

$$=27.91m/s$$

النتيجة: ستكون سرعة الكرة 27.91 متر/ثانية، لاحظ انخفاض قيمة السرعة عن المثال السابق نتيجة مراعاة اللزوجة.



شكل 2.12: يختفي التسارع عند الوصول للسرعة الحدية.

مثال 2.0.14 السؤال

قفز مظلي كتلته $70Kg$ من الطائرة، احسب السرعة الحدية له أثناء سقوطه على بطنه ؟ اعتبره مستطيل مصمت (طول الرجل $1.7m$ وعرضه $0.4m$)

الحل

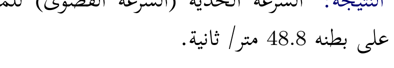
تعيين المعطيات: m=70Kg ، ρ=1.21Kg/m^3 ، A=0.68m^2 ، C_d=0.7

التطبيق:

$$v_{\text{الحدية}}=\sqrt{\frac{2mg}{\rho AC_d}}$$

$$=\sqrt{\frac{2\times70\times9.8}{1.21\times0.68\times0.7}}$$

$$=48.8m/s$$

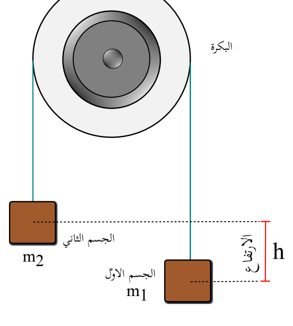


النتيجة: السرعة الحدية (السرعة القصوى) للمظلي على بطنه 48.8 متر/ ثانية.

السرعة في آلة آتوود

آلة اتوود[3] هي جهاز معملي مكون من عمود مثبت على قاعدة، وفي أعلى العمود توجد بكرة يحيط بها خيط تعلق في طرفيه كتلتين مختلفتين، بحيث يتحرك الخيط باتجاه الكتلة الأكبر.

البكرة هي عجلة بها فتحه في وسطها وتعمل كمحور دوران لها، وقد تحتوي أنظمة البكرات على أكثر من بكرة، وتتميز أنظمة البكرات بكفاءتها العالية في نقل الطاقة، أي أن نسبة الطاقة المفقودة خلال عملية نقل الطاقة منخفضة جدا.



شكل 2.13: آلة آتوود

$$v_x = \sqrt{(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2})2gh} \qquad (2.15)$$

حيث m_1 كتلة الجسم الأول، m_2 كتلة الجسم الثاني، h فرق الارتفاع بين مركزي الجسمين.

[3] آلة تم اختراعها في عام 1784 على يد الانجليزي جورج آتوود.

مثال 2.0.15 السؤال

احسب سرعة حركة جسمين معلقين في طرفي حبل على بكرة حرة الحركة، عندما يصبح الارتفاع بينهما 20cm وكتلتهما 10 و 8 كيلوغرام على التوالي؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=20cm$ ، $m_1=10kg$ ، $m_2=8kg$

التطبيق:

$$v_x=\sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh}$$

$$=\sqrt{(\frac{10-8}{10+8})\times2\times9.8\times0.2}$$

$$=0.659m/s$$

النتيجة: سرعة حركة الجسمين ستكون 0.659 متر/ثانية.

مثال 2.0.16 السؤال

ويمكن حلها بطريقة أخرى..

التطبيق:

$$\Delta F=ma$$

$$(10\times9.8)-(8\times9.8)=(10+8)\times a$$

$$19.6=18a$$

$$a=1.088m/s^2$$

$$v_f^2=v_0^2+2a\Delta x$$

$$v_f=\sqrt{(0+2\times1.088\times0.2)}$$

$$=0.659m/s$$

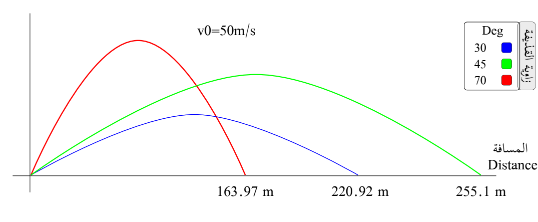
النتيجة: سرعة حركة الجسمين ستكون 0.659 متر/ثانية.

2.0.1.10 المقذوفات

عند انطلاق أو قذف جسم ما إلى الهواء، نسميه في هذه الحالة مقذوف، أي أنه اكتسب طاقة أولية، نتيجة بذل قوة عليه، ثم أصبح يتحرك في الهواء تحت تأثير قوة الجاذبية فقط، وبدون قوة دفع أخرى، سواء داخلية مثل قوة دفع أجنحة الطائر، أو خارجية مثل قوة دفع الرياح. إن هذا الجسم سيتحرك في الهواء لفترة ما، ثم يبدأ بالهبوط إلى الأرض بتأثير الجاذبية الأرضية، وأيضا نتيجة فقد جزء من الطاقة الحركية بتأثير الاحتكاك بالهواء، وغالبا يتم تجاهل الاحتكاك في الأمثلة البسيطة غير التخصصية، إن السرعة الرأسية للجسم المقذوف تساوي صفر في أعلى نقطة يصلها، أما السرعة الأفقية فتحسب بالمعادلة $V_h=V_0Cos\theta$ ، وإذا كانت نقطة الانطلاق ونقطة الوصول في مستوى أفقي واحد، يمكننا التعويض مباشرة في القانونين التاليين.

⋆ **طرفة علمية**

توصل أكثر من باحث فيزيائي إلى أن أفضل رميات كرة السلة التي ينتج عنها هدف في الدوري الأمريكي تكون بزاوية 55° .



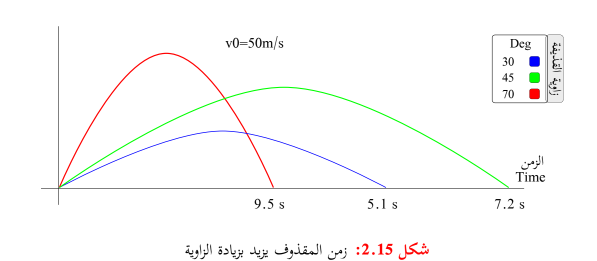
شكل 2.14: أكبر إزاحة للمقذوف عند 45 درجة

المسافة النهائية الأفقية في المقذوفات بعد أن نقذف الجسم، يبدأ بالارتفاع ثم السقوط على الأرض، فإذا أردنا حساب المسافة الأفقية بين نقطة الإطلاق ونقطة الاصطدام بالأرض أو الهدف، نستخدم القانون:

$$x=\frac{2v_0^2sin(\theta)cos(\theta)}{g}=\frac{v_0^2sin(2\theta)}{g} \tag{2.16}$$

حيث θ الزاوية بين الأفق وخط إطلاق القذيفة، v_0السرعة الابتدائية أو سرعة الإطلاق.

وكما في الرسم البياني السابق فإن الزاوية 45° تعطي أبعد إزاحة للمقذوف لكن نظريا أي مع إهمال مقاومة الهواء، ووجد أن الزاوية 38° تعطي أبعد إزاحة في الحالة العادية العملية أي في وجود مقاومة الهواء.

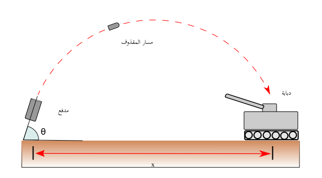


شكل 2.15: زمن المقذوف يزيد بزيادة الزاوية

زمن الوصول الأفقي في المقذوفات ولحساب الزمن الذي يحتاجه المقذوف من لحظة إطلاقه إلى لحظة اصطدامه بالأرض نستخدم القانون:

$$t = \frac{2v_0 sin(\theta)}{g} \quad (2.17)$$

إن الصيغتين أو المعادلتين السابقتين هي مجرد صيغ لتبسيط وتسريع حل المسائل، لكن أنصح بالتعامل مع الصيغ العامة كما في طريقة الحل الثانية في المثال التالي، لأنها تسمح لنا بحفظ المعادلات الأساسية، ثم نعتمد على ذكائنا وفهمنا للسؤال. قوانين حساب السرعة الرأسية:



شكل 2.16: المسافة الافقية في المقذوقات

$v_f(t){=}gt{+}v_0$

$x(t){=}\frac{1}{2}gt^2{+}v_0 t$

$v_f^2{=}v_0^2{+}2gt$

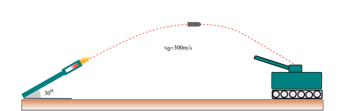
مثال 2.0.17 السؤال

أطلقت قذيفة مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها $300m/s$ وبزاوية $30°$ مع الأفق، احسب بعد الهدف الذي ستصيبه، والزمن اللازم لذلك؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0 300m/s$، $\theta{=}30°$





التطبيق:

(المسافة الأفقية) $$x = \frac{v_0^2 sin(2\theta)}{g}$$

$$=\frac{300^2 \times sin(2\times 30)}{9.8}$$

$$=7953.29m$$

(الزمن) $$t = \frac{2v_0 sin(\theta)}{g}$$

$$=\frac{2\times 300\times sin30}{9.8}$$

$$=30.61s$$

النتيجة: بعد الهدف الذي ستصيبه القذيفة 7953.29 متر، وتصله القذيفة بعد 30.61 ثانية من إطلاقها.

مثال 2.0.18 السؤال

التطبيق: حل آخر باستخدام معادلات الحركة..

(المركبة الرأسية) $v_y = v_0 sin\theta$

$$=300sin30=150m/s$$

(زمن الصعود) $v_f = v_0 + gt$

$$0=150+9.8\times t$$

$$t=-150/(-9.8)=15.3s$$

هذا زمن الصعود، وزمن الهبوط مثله، فيكون الزمن الكلي $30.6s$.

(المركبة الأفقية) $v_x = vcos\theta$

$$=300cos30=259.8m/s$$

(المسافة) $x = vt = 259.8 \times 30.6 = 7950m$

النتيجة: بعد الهدف الذي ستصيبه القذيفة 7953.29 متر، وتصله القذيفة بعد 30.61 ثانية من إطلاقها.

2.1 التدريبات

1- احسب الزاوية التي يجب استخدامها لإطلاق قذيفة مدفع هاوتزر 155 مم بسرعة $v_0=827m/s$ لكي يصيب هدف على بعد $x=24km$ ؟ ثم احسب الزمن اللازم لإصابة الهدف ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=827m/s$ ، $x=24000m$

التطبيق:

$$x=\frac{v_0^2 sin(2\theta)}{g}$$

$$24000=\frac{827^2\times sin(2\times\theta)}{9.8}$$

$$sin(2\times\theta)=\frac{24000\times 9.8}{827^2}$$

$$\theta=\frac{sin^{-1}(0.343)}{2}=10.05degrees$$

$$t=\frac{2v_0 sin(\theta)}{g}$$

$$=\frac{2\times 827\times sin(10.05)}{9.8}=29.45s$$

2- ترك جسم ليسقط رأسيا بسرعة $0m/s$ من أعلى جرف ارتفاعه $85m$؟ كم الزمن اللازم لوصوله للأرض؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=0m/s$ ، $x=80m$

التطبيق:

$$x=\frac{1}{2}at^2+v_0t$$

$$85=0.5\times 9.8\times t^2$$

$$t=\sqrt{\frac{85}{4.9}}=4.165s$$

3- قام نسر بالإمساك بسلحفاة كتلتها $1.3kg$ ثم حملها إلى ارتفاع $70m$ وألقاها على صخرة لكي تنكسر صدفتها، احسب سرعة اصطدامها بالصخرة الموجودة على الأرض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1.3Kg$، $h=70m$

التطبيق:

$$v=\sqrt{2gh}$$

$$=\sqrt{2\times 9.8\times 70}$$

$$=37.04m/s$$

4- علق جسمين كتلتهما 10 ، 15 كيلوغرام في طرفي آلة آتوود، احسب سرعة حركتهما عندما تكون المسافة الرأسية بينهما 35 سنتمتر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=10Kg$ ، $m_2=15Kg$ ، $h=$ $35cm=0.35m$

التطبيق:

$$v_x=\sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh}$$

$$=\sqrt{(\frac{15-10}{15+10})\times 2\times 9.8\times 0.35}$$

$$=1.171m/s$$

5- احسب الزمن الذي يحتاجه الأسد للوصول إلى سرعة $60km/h$ إذا علمت أنه يتسارع من السكون بمقدار $4.2m/s^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_x=60km/h$ ، $a=4.2m/s^2$

التطبيق:

$$v_f=a_0t+v_0$$

$$t=\frac{v_f-v_0}{a}=\frac{16.66-0}{4.2}$$

$$t=3.966s$$

6- القوس الانجليزي الطويل يطلق السهم بقوة تساوي $470N$ ، احسب تسارع السهم الذي كتلته $0.25Kg$ ، ثم احسب سرعته بعد 2 ثانية؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=470N$ ، $m=0.25Kg$ ، $t=2s$

التطبيق:

$$F=ma$$

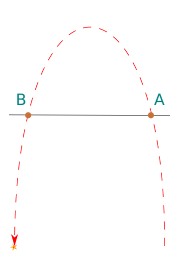
$$a=\frac{470}{0.25}=1880m/s^2$$

أي أن سرعته $1880m/s$ في الثانية الأولى، ومنه نحسب سرعة السهم المقذوف

$$v_f=gt+v_0$$

$$v_f=((-9.8)\times 2)+1880=1860.4m/s$$

7- في المقذوفات الحرة، تتساوى سرعة الجسم في أي نقطتين تقعان في مستوى أفقي واحد :



ا) صحيح ✓
ب) خاطيء

8- سقوط قائد الدراجة عن دراجته حين توقفها فجأة مثال على :

ا) الخاصية الاسموزية
ج) القصور الذاتي ✓
ب) قانون نيوتن الثالث
د) قاون نيوتن الثاني

9- سقط جسم من أعلى مبنى، وبعد 10 ثوان وصل إلى الأرض، فتكون سرعة اصطدامه بالأرض بالمتر/ثانية :

ا) 9.8
ج) 980
ب) 98 ✓
د) 9800

10- سيارة A تغيرت سرعتها من $10m/s$ إلى $30m/s$ خلال $4s$ ، وسيارة B تغيرت سرعتها من $22m/s$ إلى $33m/s$ خلال $11s$ ، أيهما تسارعه أكبر :

ا) A ✓
ج) متساويتان
ب) B
د) تسارعهما صفر

11- إذا قذف جسم إلى الأعلى بسرعة $100m/s$ ، احسب سرعته بعد $5s$ ؟

ا) 5+100
ج) 5
ب) $100-5\times9.8$ ✓
د) $100+5\times9.8$

12- تصبح سرعة الجسم المقذوف صفر، عند أعلى نقطة نتيجة ؟

ا) التسارع الموجب
ج) التسخين
ب) التسارع السالب ✓
د) الشحنة الكهربائية

13- تسارع جسم تتغير سرعته من $10m/s$ إلى $30m/s$ خلال $10s$ ؟

ا) $3m/s$
ج) $40m/s$
ب) $20m/s$
د) $2m/s^2$ ✓

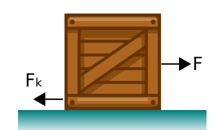
14- ينطلق جسم من السكون بتسارع $2.5m/s^2$ ، احسب سرعته بعد $10s$ ؟
$V_f=V_0+at$

ا) $3m/s$
ج) $40m/s$
ب) $12.5m/s$
د) $25m/s$ ✓

15- احسب السرعة التي سيصل لها جسم بعد قطعه $10m$ ، إذا انطلق من السكون بتسارع $5m/s^2$ ؟
$V_f^2=V_0^2+2ax$

ا) $10m/s$ ✓
ج) $15m/s$
ب) $50m/s$
د) $12m/s$

16- احسب قوة احتكاك صندوق كتلته $15Kg$ وعامل احتكاكه 0.3 أثناء دفعه على سطح أفقي؟ $f_k=\mu_k F_n$



ا) $4.5N$
ج) $44.1N$ ✓
ب) $50N$
د) $15.3N$

17- المساحة تحت منحنى السرعة والزمن تعطي ؟

ا) الازاحة ✓
ج) التسارع
ب) السرعة
د) القوة

18- الوعل التبتي تبلغ سرعته $100Km/h$ ، احسب المسافة التي يقطعها خلال 10 ثوان، منطلقاً من السكون؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_0=0m/s$ ، $a_{\text{الوعل}}=6m/s^2$ ، $t=10s$

التطبيق:

(زمن التسارع) $$v_f = a_0 t + v_0$$

$$t=\frac{v}{a}=\frac{27.77}{6}=4.62s$$

(المسافة أثناء التسارع) $$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$$

$$x=0.5\times6\times4.62^2+0=64.03m$$

(المسافة بعد التسارع) $$x = vt$$

$=27.77\times5.38=149.4m$

$x_{total}=64.03+149.4=213.43m$ (المسافة الكلية)

19- تصل سرعة انقضاض الصقر على فريسته $320km/h$ ، احسب أقل ارتفاع يسمح للصقر بالوصول لهذه السرعة عند سقوطه سقوط حر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=320Km/h=88.88m/s$

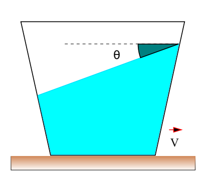
التطبيق:

$$v=\sqrt{2gh}$$

$$88.88=\sqrt{2\times9.8\times h}$$

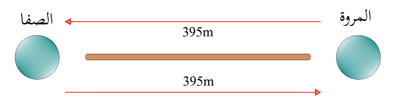
$$h=\frac{(88.88)^2}{2\times9.8}=403.12m$$

20- ينزلق الدلو (في الرسم) على الأرض باتجاه اليمين، فهل تزداد سرعته أم تنقص؟ ركز على جهة اندفاع الماء



ا) تزداد ب) تنقص ✓

21- احسب المسافة والإزاحة التي يقوم بها الحاج بين الصفا والمروة خلال الأشواط السبعة؟

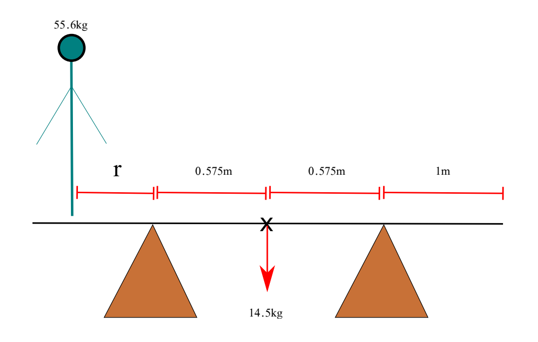


المسافة تساوي $d=395\times7=2765m$.

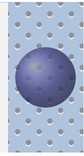
الإزاحة تساوي $d=4\times395-3\times395=395m$.

3

الحركة الدورانية



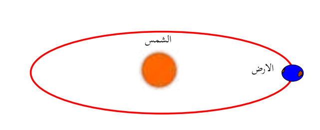
- الحركة الدائرية
- العزم
- التوازن



مقدمة

عندما تتحرك الأرض حول الشمس في مسار منحني نقول أنها تتحرك حركة دورانية، وإذا دارت ريش المروحة حول محورها فإنها تتحرك حركة دائرية، في هذا الفصل سندرس الحركة الدائرية والعوامل المؤثرة فيها، وأهم القوانين التي تحكمها.

عندما يتحرك جسم في مدار دائري مثل حركة القمر حول الأرض أو حركة عقرب الساعة، فإننا نحتاج إلى وصف هذه الحركة بطريقة فيزيائية لدراستها والاستفادة منها، ولهذا يعمد العلماء إلى وصف هذه الحركة بطريقتين:
الأولي تصف حركة الجسم بدلالة الزاوية التي يقطعها الجسم حول المركز (الإزاحة الزاوية) ، وفي هذه الحالة نسمي حركة الجسم بالحركة الزاوية.
أما إذا وصفنا الحركة بدلالة الإزاحة التي يقطعها الجسم على محيط المسار الدائري فإننا نسمي حركة الجسم بالحركة الخطية.
وفي كلتا الطريقتين نحن نصف الحركة الدورانية، ولهذا فإننا نستطيع التحويل بين كميات الحركة الزاوية وكميات الحركة الخطية لنفس الجسم باستخدام قوانين سهلة وبسيطة.

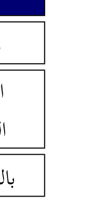


شكل 3.1: الشمس والارض

3.1 وصف الحركة الدورانية

3.1.1 الإزاحة الزاوية

الإزاحة الزاوية هي الزاوية التي يقطعها الجسم أثناء حركته.



شكل 3.2: الزوايا

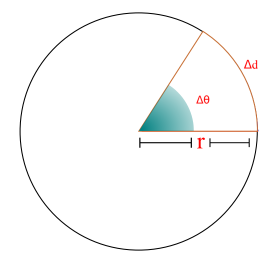
	Deg	Rad	Grad
الدائرة	360	2π	400
الوحدة الواحدة	$\frac{1}{360}$	$\frac{1}{2\pi}$	$\frac{1}{400}$
بالدرجات	1	57.29	0.9

جدول 3.1: وحدات الحركة الزاوية

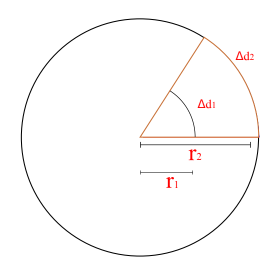
ولكي نحسب الإزاحة الزاوية المقطوعة فإننا نقسم المسافة القوسية المقطوعة Δd على نصف قطر المدار الدائري r حسب القانون:

$$\Delta\theta = \frac{\Delta d}{r} \tag{3.1}$$

والراديان هو وحدة الزوايا في النظام الدولي للوحدات ولهذا فإننا نستخدمه كوحدة أساسية للإزاحة الزاوية، ونعرف الراديان بأنه $\frac{1}{2\pi}$ من الدورة الكاملة، وهندسيا هو الإزاحة الزاوية التي يساوي قوسها نصف قطر دائرتها.



شكل 3.3: الإزاحة الزاوية



شكل 3.4: تناسب المسافات القوسية

كما أن المسافات القوسية المختلفة ترتبط ببعضها بالعلاقة: $\frac{\Delta d_1}{r_1}=\frac{\Delta d_2}{r_2}$ كما في الرسم السابق.
إذا أتم الجسم المتحرك دورة كاملة فهذا يعني أنه قطع مسافة قوسية تساوي محيط الدائرة، ومحيط الدائرة يساوي $d=2\pi r$
وبالتعويض به في القانون السابق نجد أن $\Delta\theta=\frac{\Delta d}{r}=\frac{2\pi \not{r}}{\not{r}}$ نجد أن الإزاحة الزاوية لكل دائرة مكتملة تساوي $\Delta\theta=2\pi$ ، ومنه نستنتج القانون التالي:

$$\theta = 2\pi \times \text{عدد الدورات} \quad (3.2)$$

θ الإزاحة الزاوية بوحدة راديان rad .

مثال 3.1.19 السؤال

إذا تحرك عقرب الساعات من الساعة 12 إلى الساعة 6 ، فاحسب المسافة القوسية التي يقطعها طرف العقرب، علما أن طول العقرب 10 سنتيمتر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r{=}10cm{=}0.1m$ ، $\theta{=}\pi$

التطبيق:

$\because$ الدائرة$=2\pi rad$

$\therefore$ نصف الدائرة$(r)=\pi rad$

$\Delta d{=}r{\times}\Delta\theta$

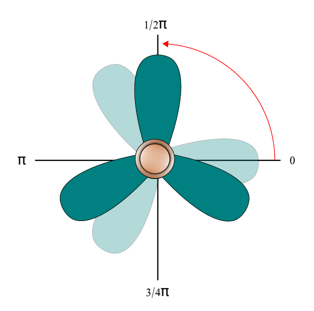
$\Delta d{=}0.1{\times}\pi$

$\Delta d{=}0.314m$

النتيجة: المسافة القوسية التي قطعها طرف عقرب الساعات على محيط الساعة يساوي 0.314 متر.

★ هدف وجداني

الطواف حول الكعبة في مكة المكرمة يكون عكس عقارب الساعة، أي إشارته موجبة.



شكل 3.5: كل دورة كاملة تتمها ريشة المروحة تمثل 2 باي .

3.1.2 السرعة الزاوية

السرعة الزاوية هي معدل الإزاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.

تدور المروحة حول محورها، وأثناء دورانها تقطع كل ريشة منها إزاحة زاوية، تبدأ من صفر، وحين تتم دورة كاملة نقول إنها قطعت 2π ، وإذا أتمت دورتين تكون الإزاحة الزاوية 4π و وهكذا، لنفرض أنها أنجزت دورتين خلال دقيقة، إذاً ستكون السرعة الزاوية $4\pi rad/min$. تستخدم السرعة الزاوية في معرفة معدل دوران محركات السيارات، الطائرات، مولدات الكهرباء وغيرها من الأجهزة والآلات.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \quad (3.3)$$

$$v = r\omega \quad (3.4)$$

حيث v السرعة الخطية m/x ، r نصف قطر الدائرة m ، ω السرعة الزاوية rad/s .

مثال 3.1.20 السؤال

مروحة نصف قطرها 1.2 متر، دارت إزاحة زاوية مقدارها 6 راديان خلال ثانيتين، أوجد السرعة الزاوية والسرعة الخطية لطرفها الخارجي؟

الحل

تعيين المعطيات: $r{=}1.2m$ ، $\theta{=}6rad$ ، $t{=}2s$

التطبيق:

(السرعة الزاوية) $\omega = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$

$\omega{=}\frac{6}{2}{=}3rad/s$

(السرعة الخطية) $v = r\omega$

$v{=}1.2{\times}3$

$v{=}3.6m/s$

النتيجة: السرعة الزاوية للمروحة 3 راديان/ثانية، والسرعة الخطية لها 3.6 متر/ثانية.

3.1.3 التسارع الزاوي

التسارع الزاوي هو معدل السرعة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال وحدة الزمن.
التسارع هو تغير في السرعة إما بالزيادة $+\alpha$ أو النقصان $-\alpha$ ، أما إذا كانت السرعة ثابتة عند قيمة معينة فإن التسارع يكون صفر.

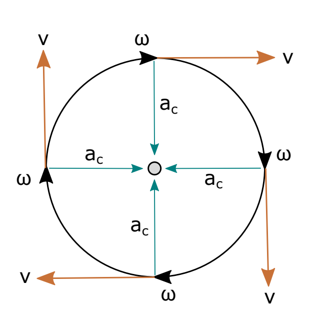
$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad (3.5)$$

$$a = r\alpha \quad (3.6)$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$a_c = \omega^2 r$$

حيث a التسارع الخطي، r نصف قطر الدائرة ، α التسارع الزاوي.



شكل 3.6: اتجاه التسارع الزاوي

حيث التسارع الخطي بوحدة mls^2، والتسارع الزاوي بوحدة rad/s^2، ونصف القطر بوحدة m.

مثال 3.1.21 السؤال

من المثال السابق ، احسب التسارع الزاوي والتسارع الخطي؟

الحل

تعيين المعطيات: r=1.2m ، θ=6rad ، t=2s

التطبيق:

(التسارع الزاوي) $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

$\alpha = \frac{3}{2} = 1.5 rad/s^2$

(التسارع الخطي) $a = r\alpha$

$a = 1.5 \times 3$

$a = 4.5 m/s^2$

النتيجة: التسارع الزاوية للمروحة 1.5 راديان/ثانية مربعة، وتسارعها الخطي 4.5 متر/ثانية مربعة.

3.1.4 القوة المركزية

القوة المركزية هي أي قوة تسبب حركة دائرية لجسم ما. ويكون اتجاه القوة المركزية F_c في نفس اتجاه التسارع المركزي

$$F_c = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2 \quad (3.7)$$

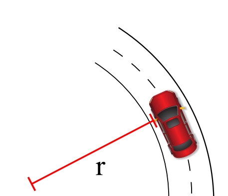
حيث m كتلة الجسم، r نصف قطر الدائرة ، ω السرعة الزاوية.

مثال 3.1.22 السؤال

احسب القوة المركزية المؤثرة على سيارة كتلتها $1000kg$ وسرعتها $30m/s$ أثناء حركتها في مسار منحني نصف قطره $500m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1000kg$ ، $v=30m/s$ ، $r=500m$



التطبيق:

$$F_c=\frac{mv^2}{r}$$

$$=\frac{1000\times 30^2}{500}=1800N$$

النتيجة: القوة المركزية تساوي 1800 نيوتن.

3.1.4.1 معادلات الحركة الزاوية

معادلات الحركة الزاوية هي معادلات متعلقة بالحركة الزاوية، وتتعامل مع اربع متغيرات هي الإزاحة الزاوية والزمن والسرعة الزاوية والتسارع الزاوي، والبعض يعتبرها ثلاث معادلات والبعض يعتبرها اربع وبعضهم يقول أنها خمس، لكن الحقيقة أنها جميعا مشتقة من معادلتين، ومنهما يمكننا اشتقاق الثالثة والرابعة و...، واختيار القانون المناسب يتوقف على المعطيات والمجهول في السؤال.[8]

$$\omega(t)=\alpha_0 t+\omega_0 \tag{3.8}$$

مثال 3.1.23 السؤال

تتحرك بكرة من السكون، بتسارع ثابت $2.6rad/s^2$، بعد زمن $6s$ احسب السرعة الزاوية ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\omega_0=0$ ، $\alpha=2.6m/s^2$ ، $t=6s$

التطبيق:

$$\omega(t)=\alpha_0 t+\omega_0$$

$$=(2.6\times 6)+0$$

$$=15.6rad/s$$

النتيجة: السرعة الزاوية للبكرة تساوي 1.56 راديان/ثانية.

$$\Delta\theta(t)=\frac{1}{2}\alpha t^2+\omega_0 t \tag{3.9}$$

مثال 3.1.24 السؤال

من المثال السابق:
احسب الإزاحة الزاوية التي يقطعها الجسم خلال نفس الزمن ؟ احسب عدد الدورات ؟

الحل

تعيين المعطيات: $t=6s$ ، $\alpha=2.6m/s^2$ ، $\omega_0=0$

التطبيق:

$$\Delta\theta=\frac{1}{2}\alpha t^2+\omega_0 t$$

$$=(\frac{1}{2}\times2.6\times6^2)+(0\times6)$$

$$=46.8+0=46.8rad$$

$$rev's=\frac{\Delta\theta}{2\pi}$$

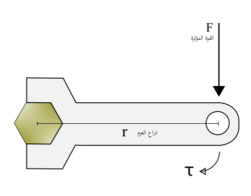
$$=\frac{46.8}{2\pi}=7.4rev$$

النتيجة: الإزاحة الزاوية للجسم 46.8 راديان، وعدد الدورات 7.4 دورة.

3.1.5 العزم

عندما نريد فك صامولة فإننا نحضر المفك المناسب، ونضغط على المفك بقوة مع التدوير إلى أن ننتهي من إخراج الصامولة من مكانها، إن تأثير قوتنا على المفك لتدويره يسمى بالعزم.

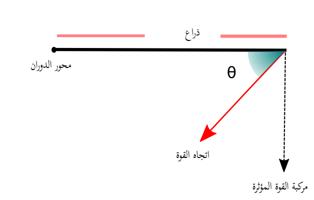
العزم هو مقدرة القوة على إحداث دوران حول محور.



شكل 3.7: العزم

العوامل المؤثرة في العزم:

1) القوة المؤثرة 2) ذراع العزم 3) زاوية القوة





شكل 3.8: العزم

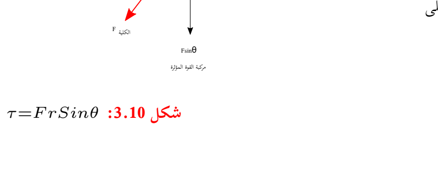
ويزداد العزم بزيادة القوة فكلما زدنا القوة كلما كان تدوير المفك أسهل وأسرع، وكذلك ذراع العزم فكلما كان ذراع العزم أطول كلما كان تدوير المفك أسهل، أي أن القوة وطول ذراع العزم تتناسب تناسبا طرديا مع العزم.

$$\tau = Fr \times sin\theta \qquad (3.10)$$

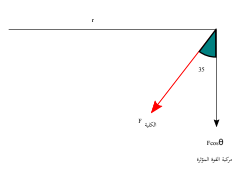
حيث τ العزم وينطق تاو ، F المركبة العمودية للقوة على ذراع العزم ، r طول ذراع العزم، θ الزاوية بين اتجاه القوة وذراع العزم.



شكل 3.9: عملية تفريغ القلاب مثال عملي على العزم.[6]

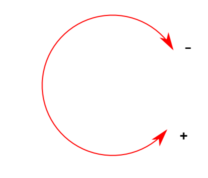


شكل 3.10: $\tau=FrSin\theta$

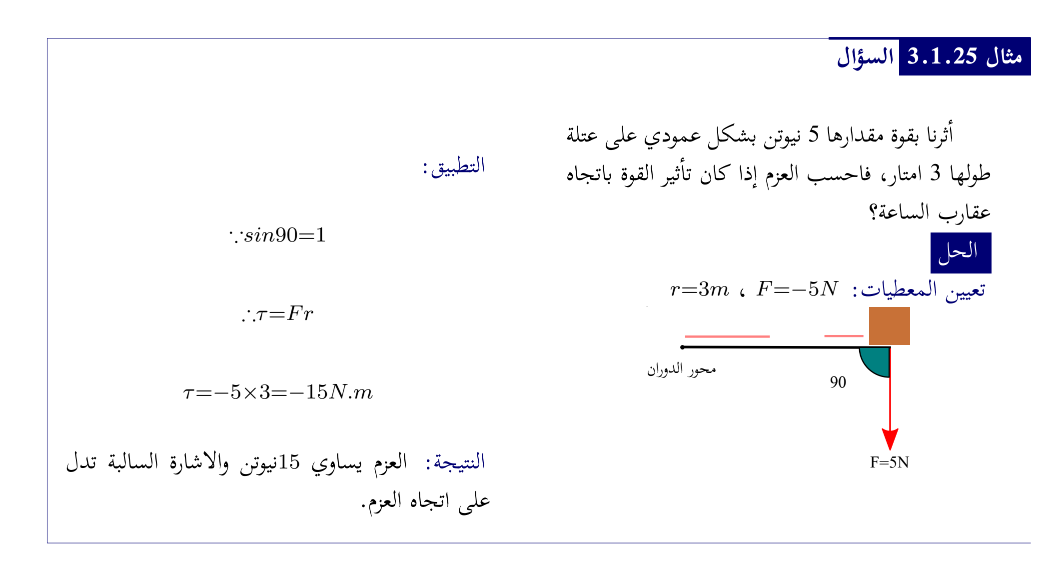


شكل 3.11: $\tau=FrCos\theta$

حيث وحدة العزم $N.m$ ، وحدة القوة نيوتن N ، وحدة طول ذراع العزم المتر m ، وتكون إشارة العزم + إذا كانت ذراع العزم تتحرك عكس عقارب الساعة، وتكون - إذا كانت الذراع تتحرك مع عقارب الساعة.



شكل 3.12: اشارة العزم



مثال 3.1.25 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها 5 نيوتن بشكل عمودي على عتلة طولها 3 امتار، فاحسب العزم إذا كان تأثير القوة باتجاه عقارب الساعة؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=-5N$ ، $r=3m$

التطبيق:

$$\because sin90=1$$

$$\therefore \tau=Fr$$

$$\tau=-5\times3=-15N.m$$

النتيجة: العزم يساوي 15نيوتن والاشارة السالبة تدل على اتجاه العزم.

والأمثلة على العزم كثيرة، من مفكات البراغي والصواميل، إلى رافعة السيارة، والزرادية ✂، مروراً بفك الفم السفلي الذي يتحرك مسبحا الله واليد التي ترفع المصحف.

3.1.6 محصلة العزوم

عند وجود جسم متزن تؤثر عليه أكثر من قوة، نقوم بجمع العزوم[1] جمع جبري مع مراعاة الإشارة (مع عقارب الساعة سالب، عكس عقارب الساعة موجب).

$$\sum\tau=\tau_1+\tau_2+....=0$$

مثال 3.1.26 السؤال

يجلس عمرو (كتلته 50 كيلوجرام) وزيد (كتلته 60 كيلوجرام) على أرجوحة في وضع إتزان، فإذا كان بعد زيد عن نقطة الإرتكاز 3 أمتار، فما بعد عمرو عنها؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=50Kg$ ، $m_2=60Kg$ ، $r_{زيد}=3m$

60kg 50kg

3m ?

التطبيق: سنعتبر أن عمرو يؤثر مع عقارب الساعة وزيد عكسها

$$\tau_1+\tau_2=0$$

$$F_{زيد}\times r_{زيد}-F_{عمرو}\times r_{عمرو}=0$$

$$60\times\cancel{9.8}\times3=50\times\cancel{9.8}\times r_{عمرو}$$

$$180=50r_{عمرو}$$

$$r_{عمرو}=\frac{180}{50}=3.6m$$

النتيجة: بعد عمرو عن نقطة الأرتكاز يساوي 3.6متر.

الرافعة هي جسم جامد يستخدم نقطة ارتكاز أو محور دوران لمضاعفة القوة التي يمكن تطبيقها على جسم آخر.

ومن الأمثلة عليها رافعة السيارة والشيول.

كيف تضاعف الرافعة القوة؟

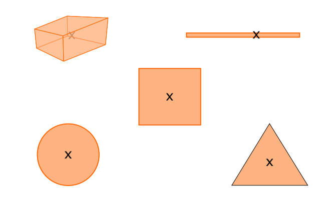
الرافعة آلة لا تستطيع استحداث الطاقة من العدم، أي أن الشغل المبذول يساوي الشغل الناتج (يفقد جزء على شكل احتكاك)، لكن بما أن الشغل $W=Fd$ فإننا نحتاج لسحب سلك الرافعة $2m$ لكي نستطيع رفع جسم ثقيل لمسافة $1m$.

[1] العزم جمعه عزائم، مثل «إن الله يحب أن تؤتى رخصه كما يحب أن تؤتى عزائمه» .

3.2 الاتزان

3.2.1 مركز الكتلة

يعرف مركز الكتلة بأنه نقطة على الجسم تتحرك بالطريقة نفسها التي يتحرك بها الجسيم النقطي، ونستطيع القول أن مركز الكتلة قد يكون نقطة خارج الجسم مثل حدوة الفرس والحلقة المعدنية، لكن غالبا ما يكون مركز الثقل نقطة على الجسم.



شكل 3.13: مركز الكتلة

التوازن

ونستطيع تحديد مركز الكتلة بطريقتين:

- إذا كان الجسم منتظم الشكل فإن مركز كتلته هو مركزه الهندسي، مثل مركز كتلة المسطرة منتصفها، ومركز كتلة القرص الدائري وسطه، وهكذا بالنسبة لبقية الأشكال الهندسية المنتظمة.

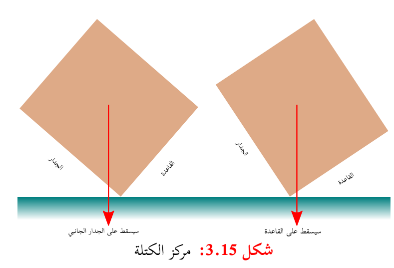
- إذا كان الجسم غير منتظم، نقوم بتعليقه من أي نقطة فيه وبعد أن يستقر، نرسم خط عمودي على الأرض ويخرج من نقطة التعليق، ثم نعيد تعليق الجسم من نقطة أخرى ونرسم خط جديد، فيكون مركز الكتلة هو نقطة تقاطع الخطين.

إذا كان الجسم مرن وغير جامد وليس له شكل ثابت مثل جسم الإنسان فإن مركز كتلته يتغير بتغير شكله أثناء الحركة، لكن بالعموم مركز كتلة الإنسان يقع في الجزء العلوي من جسمه، ولهذا فإن الإنسان الذي يسقط من مكان مرتفع جدا ، يستدير جسمه تلقائيا بحيث يصبح الرأس للأسفل والأرجل للأعلى.

شكل 3.14: حدوة الفرس

3.2.2 مركز الكتلة والثبات

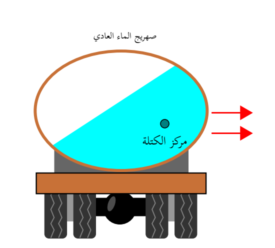
حين نجعل مركز كتلة جسم ما على نقطة ارتكاز فإنه يستقر بغض النظر عن شكل هذا الجسم، ولكن قد نحتاج إلى فائدة أعمق قليلا، وهي دراسة استقرار الأجسام المتحركة سواء كانت الحركة حركة بسيطة موضعية مثل تحريك صندوق، أو حركة انتقالية مثل حركة السيارة.

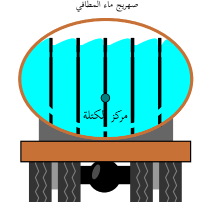


شكل 3.15: مركز الكتلة

مثلا لو كان لدينا صندوق وأملناه بحيث يرتكز على إحدى زواياه، فهل سيعود لوضعه السابق ويستقر أم يسقط على جانبه؟ ببساطه نسقط خط من مركز الكتلة وعمودي على الأرض، فإن مر الخط بقاعدة الصندوق سيستقر الصندوق على قاعدته، وإن مر الخط بالضلع الجانبي للصندوق فسيسقط على جانبه، أما إذا مر بنقطة ارتكاز الصندوق فإنه سيبقى ثابتا وهي الفكرة نفسها التي يستخدمها لاعبي السيرك عند سيرهم على الحبل، فيحرص لاعب السيرك على إبقاء مركز كتلته فوق موضع قدمه التي يقف عليها لكي يتزن جسمه على الحبل.

وتحرص شركات السيارات عموما على جعل مركز كتلة السيارة منخفض لكي يصعب انقلابها، كما أن الإنسان الذي ينزل من الجبل يميل بجسمه للخلف أثناء نزوله لكي يجعل مركز كتلته ماراً بقدميه، فإن اخطأ ومال بجسمه للأمام سيمر مركز كتلته أبعد من قدميه وعندها سيبدأ بالتدحرج والسقوط.





شكل 3.16: اتزان صهريج المطافي في المنعطفات

كانت المطافي تستخدم صهاريج مياه عادية، وهذا أدى إلى انقلابها في المنعطفات نتيجة لتجمع المياه في جهة واحدة بفعل القصور الذاتي مما يحرك مركز الكتلة إلى اليمين أو اليسار، ثم تم تطوير هذه الصهاريج بصهاريج حديثة مجزأه من داخلها بحواجز معدنية تمنع اندفاع الماء باتجاه واحد في المنعطفات بحيث يبقى مركز الكتلة في المنتصف، والحواجز بها ثقوب صغيره تسمح بانسياب الماء عند إطفاء الحريق.

3.2.3 شرطا الاتزان

يوجد شرطان للاتزان:

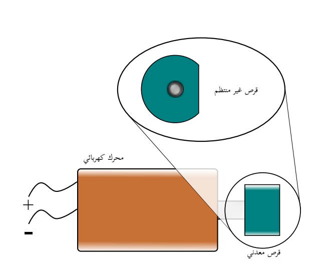
-أن يكون الجسم في حالة اتزان انتقالي (ساكن أو سرعته منتظمة).

$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + ... = 0$

-أن يكون الجسم في حالة اتزان دوراني.

$\sum \tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + ... = 0$

ويمكن أن يكون الجسم متزن انتقاليا لكن غير متزن دورانيا مثل مروحة السقف حيث أنها ثابتة في مكانها (متزنة انتقاليا) لكنها تدور حول نفسها (عدم اتزان دوراني)، أو مثل حركة مقود السيارة بتأثر اليدين معا. ويمكن أن يكون الجسم متزن دوراني وغير متزن انتقالي مثل سيارة تتسارع في خط مستقيم، حيث أن سرعتها غير منتظمة (غير ثابتة) لكنها لا تدور حول نفسها (متزنة دورانيا)، ويمكن أن تكون غير متزنة دورانيا وغير متزنة انتقاليا مثل كرة تقذف بشكل مبروم حيث تنطلق بتسارع (غير متزنة انتقاليا) وتدور حول نفسها (غير متزنة دورانيا) .



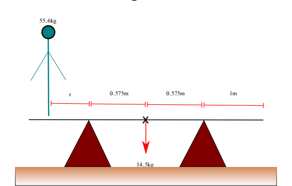
شكل 3.17: هزاز الجوال عبارة عن محرك مثبت عليه قرص غير منتظم، وعند عمله يهتز لأن محصلة العزم والقوة لا تساوي صفر.

مثال 3.2.27 السؤال

يقف رجل كتلته $55.6kg$ على لوح خشبي متزن وكتلته $14.5kg$ وطوله $3.15m$، ومحمول على قاعدتين تبعد كل منهما $1m$ عن طرفي اللوح، احسب بعد الرجل عن طرف اللوح ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_{الرجل} = 55.6Kg$ ، $m_{اللوح} = 14.5Kg$ ، $r_{مركز اللوح} = 0.575m$



التطبيق: نعتبر القاعدة القريبة من الرجل هي محور الدوران

$$\sum \tau = 0 = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + ...$$

$$14.5 \times 0.575 = 55.6 \times r$$

$$r = \frac{14.5 \times 0.575}{55.6} = 0.15m$$

النتيجة: الرجل يبعد 0.15 متر عن طرف اللوح.

3.3 التدريبات

1- ساعة مكة هي أكبر ساعة برج في العالم، ويبلغ طول عقرب الدقائق 22 متر، أوجد السرعة الزاوية والسرعة الخطية للعقرب على محيط الساعة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=22m$ ، $\Delta\theta=2\pi$ ، $t=1h=3600s$

التطبيق:

$$\omega=\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\omega=\frac{2\pi}{3600}=0.00174rad/s$$

السرعة الخطية:

$$v=r\omega$$

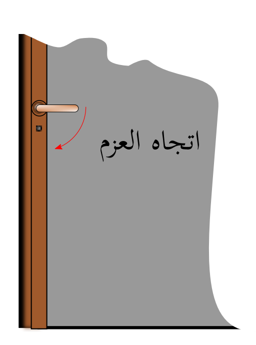
$$v=0.00174\times22$$

$$v=0.038m/s$$

2- يتعلق طفل صغير كتلته 20 كيلوغرام بكامل ثقله بأكره الباب لكي يستطيع فتحه، احسب العزم الذي يؤثر به الطفل على طرف الأكرة علما أن طول الأكرة عشر سنتمترات؟

الحل

تعيين المعطيات:



$m=20Kg$ ، $r=10cm=0.1m$

التطبيق:

$$\tau=Fr$$

$$=-20\times9.8\times0.1=-19.6N.m$$

3- احسب الإزاحة الزاوية التي يتمها القمر حول الأرض خلال شهر قمري كامل؟

الحل

تعيين المعطيات: عدد الدورات = 30

التطبيق:

$$\theta=2\pi\times\text{عدد الدورات}$$

$$=2\pi\times30=188.49rad$$

4- إذا علمت أن نصف قطر مدار القمر حول الأرض يساوي 384×10^6m ، احسب المسافة الخطية المقطوعة في الشهر؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=384\times10^6m$

التطبيق:

$$d=r\theta$$

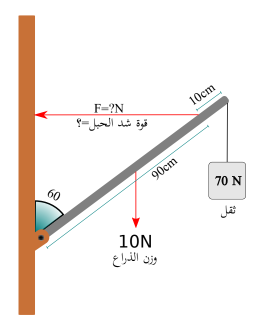
$$=384\times10^6\times188.49$$

$$=72.382\times10^9m$$

5- احسب قوة الشد في الحبل الموضح بالشكل ، إذا كان الذراع في حالة اتزان ؟

الحل

تعيين المعطيات:



$\theta=60^\circ$

التطبيق:

$$\tau_1+\tau_2+\tau_3=0$$

$$F\times0.9\times sin30-10\times0.5\times sin60-70\times1\times sin60=0$$

$$F\times0.9\times sin30=4.33+60.62$$

$$F=\frac{64.96}{0.779}=83.38N$$

6- وحدة العزم هي:

ا) N ج) N/m^2

ب) N/m د) $N.m$ ✓

7- الإزاحة الزاوية في كل دورة كاملة تساوي:

ا) π ج) 3π

ب) 2π ✓ د) 4π

8- مركز كتلة المربع يوجد في:

ا) نقطة تقاطع قطريه. ✓ ج) الركن العلوي الأيسر.

ب) الركن العلوي الأيمن. د) منتصف قاعدته.

9- يكون الجسم الذي تؤثر عليه قوتين، في حالة اتزان إذا كانت :

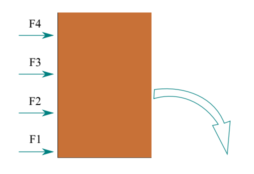
ا) محصلة العزم ومحصلة القوة = صفر ✓

ب) محصلة القوة صفر ومحصلة العزم لا تساوي صفر

ج) محصلة العزم تساوي صفر ومحصلة القوة لا تساوي صفر

د) محصلة القوة ومحصلة العزم لا تساوي صفر

10- أي القوى (المتساوية) التالية تحدث أكبر إمالة للجسم:



ا) F_1

ب) F_2

ج) F_3

د) F_4 ✓

11- إذا كانت الأرض تتم دورة واحدة خلال يوم، كم الإزاحة الزاوية التي تتمها خلال نصف يوم ؟

ا) $\frac{\pi}{2}$

ب) π ✓

ج) $\frac{3\pi}{2}$

د) 2π

12- جسم كتلته $5Kg$ يسير في مدار دائري بسرعة منتظمة، إذا كان يتم دورته في $4s$ ، فاحسب سرعته الزاوية ؟

ا) $\frac{\pi}{4}$

ب) $\frac{3\pi}{2}$

ج) $\frac{\pi}{2}$ ✓

د) 2π

13- إذا كان العزم يساوي $60N.m$ وطول ذراع القوة $0.6m$ ، احسب القوة العمودية المؤثرة على الذراع ؟

ا) 36آN

ب) $60.6N$

ج) $100N$ ✓

د) $124N$

14- جسم يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها $0.5m$ بسرعة $50m/s$ ، احسب سرعته الزاوية ؟

ا) $500rad/s$ ✓

ب) $25rad/s$

ج) $50.5rad/s$

د) $49.5rad/s$

15- جسم يتحرك على محيط دائرة نصف قطرها $2m$ بتسارع مركزي $8m/s^2$ ، احسب سرعته الخطية ؟ $a_c=\frac{v^2}{r}$

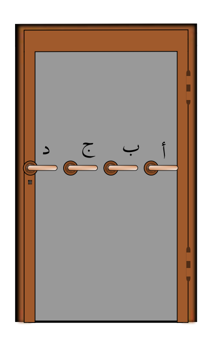
ا) $4m/s$ ✓

ب) $16m/s$

ج) $10m/s$

د) $6m/s$

16- أي أكره (يد الباب) تحتاج بذل قوة أقل لفتح الباب ؟ $\tau=Fr$



ا) أ

ب) ب

ج) ج

د) د ✓

17- إذا كانت الإزاحة الزاوية للمروحة $30\pi rad$ فهذا يعني أنها أتمت .... دورة ؟

ا) 30

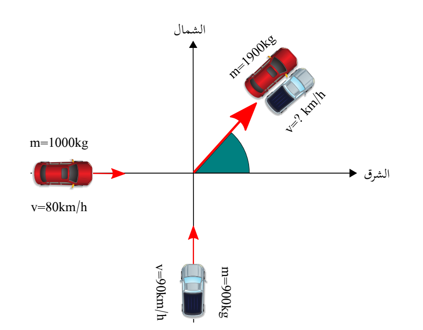
ب) 15 ✓

ج) 1

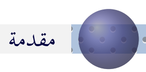
د) 6.5

4

الزخم وحفظه



- الدفع
- الزخم
- التصادم في بعد وبعدين

مقدمة

4.1 الدفع والزخم

4.1.1 الدفع

الدفع هو حاصل ضرب القوة المؤثرة على الجسم في زمن تأثيرها.

$$J = F\Delta t = m\Delta v \quad (4.1)$$

حيث Δv التغير في سرعة الجسم، m كتلة الجسم، F القوة المؤثرة، t زمن التأثير، و J هو الدفع.

ويكتب بصيغة متقدمة على الشكل التالي: $J_x = \int_{t1}^{t2} F_x(t)dt$

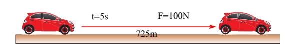
إن الدفع والزخم لهما نفس الوحدة $Kg.m/s = N.s$.

مثال 4.1.28 السؤال

1- أثرنا بقوة مقدارها 100 نيوتن على سيارة لمدة 5 ثوان، فتحركت لمسافة 725 متر أوجد الدفع المبذول؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $t=5s$



التطبيق:

$J = F\Delta t$

$= 100 \times 5 = 500 N.s$

النتيجة: الدفع المبذول 500 نيوتن.ثانية.

2- سيارة كتلتها 1000 كيلوغرام، وسرعتها 80 كيلومتر/ساعة، احسب الدفع اللازم لكي تزيد سرعتها إلى 100 كيلومتر/ساعة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1000Kg$ ، $v_1=80km/h$، $v_2=100km/h$

التطبيق: تحويل السرعة من km/h إلى m/s

$v_1 = \frac{80}{3.6} = 22.22 m/s$

$v_2 = \frac{100}{3.6} = 27.77 m/s$

$$J = m\Delta v \quad \text{(الدفع)}$$

$= m \times (v_2 - v_1)$

$= 1000 \times (27.77 - 22.22)$

$= 5550 N.s$

النتيجة: الدفع اللازم لزيادة سرعة السيارة 5550 نيوتن.ثانية.

4.1.2 الزخم

الزخم هو حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

$$p = mv \quad (4.2)$$

حيث v السرعة الخطية، m الكتلة ، p الزخم.

مثال 4.1.29 السؤال

تتحرك قذيفة مدفع كتلتها 4 كيلوغرام بسرعة 30 متر/ثانية، أحسب زخم القذيفة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=4kg$ ، $v=30m/s$

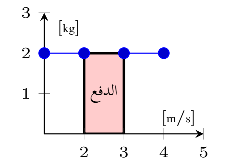
التطبيق:

$$p=mv$$

$$=4\times30=120kg.m/s$$

النتيجة: زخم القذيفة 120كجم.متر/ثانية (نيوتن.ثانية).

4.1.3 العلاقة بين الدفع والزخم



شكل 4.1: الدفع - الزخم

نظرية الدفع - الزخم هي نظرية تربط بين الدفع والزخم، وتنص على أن الدفع يساوي الفرق بين الزخم النهائي والزخم الابتدائي (التغير في الزخم ΔP).

$$F\Delta t = p_f - p_i \tag{4.3}$$

$$F\Delta t=mv_f-mv_i$$

حيث p_i الزخم الابتدائي، p_f الزخم النهائي .

مثال 4.1.30 السؤال

زادت سرعة جسم كتلته $9kg$ من $20m/s$ إلى $50m/s$ وذلك خلال زمن مقداره $7s$ ، أوجد القوة المؤثرة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=9Kg$ ، $v_1=20m/s$ ، $v_2=50m/s$ ، $t=7s$

التطبيق:

$$F\Delta t=p_f-p_i$$

$$F\times7=(9\times50)-(9\times20)$$

$$F\times7=450-180$$

$$F\times7=270$$

$$F=\frac{270}{7}=38.57N$$

النتيجة: القوة المؤثرة على الجسم تساوي 38.57 نيوتن.

4.2 حفظ الزخم

ينص قانون حفظ الزخم على أن زخم أي نظام معزول لا يتغير. أي بعد حدوث التصادم بين جسمين فإن المجموع الجبري للزخم قبل التصادم يساوي المجموع الجبري للزخم بعد التصادم، أي أننا يجب أن نراعي نوع الإشارة ± حسب الاتجاه.

ومعنى نظام معزول:

1) الكتلة ثابته داخل النظام، فلا تفقد ولا تكتسب $\sum m=constant$.

2) محصلة القوى الخارجية المؤثرة على النظام تساوي صفر $\sum F_{\text{الخارجية}}=0$.

$$p_{ai} + p_{bi} = p_{af} + p_{bf} \tag{4.4}$$

$$(mv)_{ai} + (mv)_{bi} = (mv)_{af} + (mv)_{bf} \quad (4.5)$$

حيث a الجسم الأول، b الجسم الثاني.

4.2.1 التصادم في بعد واحد

التصادم في بعد واحد يحدث عندما تكون الأجسام المتصادمة على خط عمل واحد بغض النظر عن كون الأجسام تتحرك بنفس الاتجاه أم باتجاهين متعاكسين، ولا يشترط أن تكون جميع الأجسام المشاركة في التصادم متحركة، فقد يكون بعضها ساكن قبل التصادم.

موجب (+)	سالب (-)
الشرق (اليمين)	الغرب (اليسار)
الشمال (الأعلى)	الجنوب (الأسفل)

جدول 4.1: إشارات الزخم

مثال 4.2.31 السؤال

اصطدمت كرة كتلتها $4kg$ ومتحركة بسرعة $8m/s$ باتجاه الشرق بكرة أخرى كتلتها $1kg$ ومتحركة بسرعة $3m/s$ باتجاه الشرق أيضا، احسب سرعة الكرة الثانية بعد التصادم إذا علمت أن سرعة الكرة الأولى أصبحت سرعتها $2m/s$ باتجاه الشرق ؟

الحل

تعيين المعطيات: m_a=4kg ، v_{ai}=8m/s ، m_b= 1Kg ، v_{bi}=3m/s ، v_{af}=2m/s

التطبيق:

$$p_{ai}+p_{bi}=p_{af}+p_{bf}$$

$$(mv)_{ai}+(mv)_{bi}=(mv)_{af}+(mv)_{bf}$$

$$(4\times8)+(1\times3)=(4\times2)+(1\times v_b)$$

$$32+3=8+v_b$$

$$v_b=35-8=27m/s$$

النتيجة: حيث أن السرعة موجبة، إذاً الكرة الثانية تتحرك باتجاه الشرق بسرعة 27 متر/ثانية.

4.2.2 التصادم في بعدين

وهو تصادم يحدث نتيجة اصطدام جسمين أو أكثر ولا يتحركان على خط عمل واحد، أي توجد زاوية أكبر من صفر بين خطي عمل الجسمين قبل التصادم.

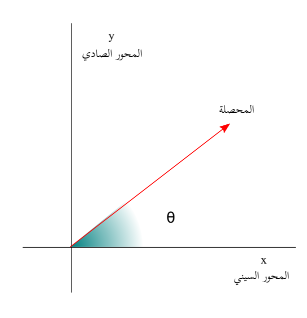
ولحساب محصلة الزخم لقوتين ليستا على خط عمل واحد، نتبع الخطوات التالية:

1- نحسب مركبة الزخم على المحور السيني (x) : $p_{xi}=(mv)_a+(mv)_b$

2- نحسب مركبة الزخم على المحور الصادي (y) : $p_{yi}=(mv)_a+(mv)_b$

3- نحسب محصلة الزخم: $p_f=\sqrt{p_x^2+p_y^2}$

4- نحسب زاوية محصلة الزخم (عادة المحصورة بين المحصلة والمحور السيني إلا إذا طلب غير ذلك) بواحد من ثلاث طرق:



شكل 4.2: زاوية محصلة الزخم

بين المحصلة والمحور السيني	بين المحصلة والمحور الصادي
$\theta=tan^{-1}(\frac{p_y}{p_x})$	$\theta=tan^{-1}(\frac{p_x}{p_y})$
$\theta=cos^{-1}(\frac{p_x}{p_f})$	$\theta=cos^{-1}(\frac{p_y}{p_f})$
$\theta=sin^{-1}(\frac{p_y}{p_f})$	$\theta=sin^{-1}(\frac{p_x}{p_f})$

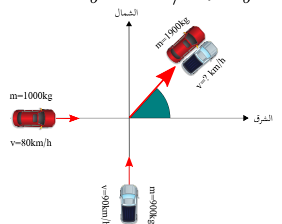
جدول 4.2: زاوية محصلة التصادم

مثال 4.2.32 السؤال

سيارة كتلتها $1000kg$ وسرعتها $80km/h$ باتجاه الشرق، اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها $900kg$ وسرعتها $90km/h$ باتجاه الشمال، فالتصقتا معا، وسارا لمسافة معينة، أوجد سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_a=1000Kg$ ، $v_a=80km/h$ ، $m_b=900Kg$ ، $v_b=90km/h$



التطبيق:

أولا نحسب محصلة الزخم في اتجاه المحور x (شرق-غرب):

$$p_{xi}=(mv)_a+(mv)_b$$

$$=(1000\times 22.22)+(900\times 0)$$

$$=22220kg.m/s$$

ثانيا نحسب محصلة الزخم في اتجاه المحور y (شمال-جنوب):

$$p_{yi}=(mv)_a+(mv)_b$$

$$=(1000\times 0)+(900\times 25)$$

$$=22500kg.m/s$$

ثالثا نحسب محصلة الزخمين:

$$p_f=\sqrt{p_x^2+p_y^2}$$

$$=\sqrt{(22220)^2+(22500)^2}$$

$$=31622.43kg.m/s$$

رابعا نحسب زاوية المحصلة:

$$\theta=tan^{-1}(\frac{py}{px})$$

$$\theta=tan^{-1}(\frac{22500}{22220})$$

$$=45.35^{\circ}$$

$\because$ محصلة الزخم في اتجاه x و y موجبة $\Leftarrow$ السيارتين في الربع الأول بعد التصادم.

خامسا نحسب سرعة الجسمين بعد التصادم:

$$p_f=v_f\times(m_a+m_b)$$

$$\therefore v_f=\frac{p_f}{(m_a+m_b)}$$

$$v_f=\frac{31622.43}{(1000+900)}$$

$$=16.64m/s$$

النتيجة: سرعة السيارتين بعد التصادم 16.64متر/ثانية.

	px	py
الربع الأول	+	+
الربع الثاني	-	+
الربع الثالث	-	-
الربع الرابع	+	-

جدول 4.3: إشارات الموقع بعد التصادم

4.2.3 الدفع في الحياة

في السيارات يستخدم مفهوم الدفع كثيرا في الحياة، فمثلا يوجد في السيارة كيس هواء ينفتح عند حدوث تصادم، وذلك لتقليل شدة اصطدام الجسم بعجلة القيادة ، عن طريق زيادة زمن التأثير $F=\frac{J}{t}$ وبالتالي تقليل القوة. أيضا أصبحت مصدات السيارات الأمامية والخلفية تصنع من البلاستيك ومحشوة بمادة رغوية لتقليل القوة عند التصادم.

في الرياضة يضع حارس المرمى قفازات سميكة لإبطاء الكرة وبالتالي زيادة الزمن وإنقاص القوة، أيضا تغلف كرات التنس الأرضي بنسيج قماشي لتقليل القوة لحظة تصادم الكرة بالمضرب، فيستطيع اللاعب التحكم بالكرة.

	الكمية الفيزيائية	رمزها	الوحدة	رمزها
1	الدفع	J	نيوتن.ثانية	$N.s$
2	الزخم	P	نيوتن.ثانية	$N.s$

جدول 4.4: وحدات الزخم وحفظه

4.3 التدريبات

1- شاحنة كتلتها 5 طن وتسير بسرعة مقدارها 60 كيلومتر/ساعة، خرجت عن مسارها واصطدمت بجدار، أحسب زخم الشاحنة لحظة الاصطدام؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=5000Kg$ ، $v=60km/h$

التطبيق:

$$p=mv=5000\times(\frac{60}{3.6})$$

$$=83333.33Kg.m/s$$

2- وحدة الدفع هي:

ا) N ج) J

ب) $N.s$ ✓ د) $J.s$

3- إن زخم أي نظام معزول لا يتغير:

ا) صحيح ✓ ب) خطأ

4- رجل كتلته $75kg$ ينطلق من السكون بتسارع $1m/s^2$ لمسافة 8 أمتار، ثم يقفز وهو مندفع، على عربة صغيرة كتلتها $25kg$، احسب سرعتهما مع تجاهل الاحتكاك ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_1=75Kg$ ، $v_0=0$ ، $a=1m/s^2$ ، $x=8m$ ، $m_2=25Kg$

التطبيق:

السرعة $v_f^2=v_i^2+2ax$

$$v_f=\sqrt{0+2\times1\times8}=4m/s$$

الزخم قبل $P_i=m_1v_1+m_2v_2$

$$=75\times4+0=300N.s$$

الزخم بعد $P_f=P_i=m_1v_1^{\prime}+m_2v_2^{\prime}$

$$300=v_f(m_1+m_2)=100v_f$$

$$v_f=\frac{300}{100}=3m/s$$

5- اسرع ركلة كرة قدم مسجلة، قام بها روني هيبرسون في مباراة لشبونة ونافال عام 2006م، وكانت سرعتها $292.61km/h$، وكتلتها $440grams$ ، أحسب القوة التي أثرت بها قدم اللاعب على الكرة لمدة $0.007s$، ومقدار الزخم الكلي؟

الحل

تعيين المعطيات: $v_1=0$ ، $v_2=292.61km/h$ ، $m=$ $440g=0.44Kg$ ، $t=0.007s$

التطبيق:

القوة $Ft=m_2v_2^{\prime}-m_1v_1^{\prime}$

$$F\times0.007=(0.44\times81.28)-0$$

$$F=\frac{35.76}{0.007}=5109N$$

الزخم $p=mv$

$$=0.44\times81.28=35.76Kg.m/s$$

6- سيارة كتلتها $800kg$ وسرعتها $50km/h$ باتجاه الشرق، اصطدمت بسيارة أخرى كتلتها $750kg$ وسرعتها $74km/h$ باتجاه الشمال، فالتصقتا معا، وسارتا لمسافة معينة، أوجد سرعتهما واتجاههما بعد التصادم؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_a=800Kg$ ، $v_a=55km/h$ ، $m_b=750Kg$ ، $v_b=74km/h$

التطبيق:

محصلة الزخم في اتجاه المحور x :

$$p_{xi}=(800\times15.27)+(750\times0)$$

$$=12216kg.m/s$$

محصلة الزخم في اتجاه المحور y :

$$p_{yi}=(800\times0)+(750\times20.55)$$

$$=15412.5kg.m/s$$

محصلة الزخمين:

$$p_f=\sqrt{(12216)^2+(15412)^2}$$

$$=19666.22kg.m/s$$

زاوية المحصلة:

$$\theta=tan^{-1}(\frac{15412}{12216})$$

$$=51.59^{\circ}$$

7- الزخم يساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في :

ا) سرعته الزاوية ج) تسارعه الزاوي

ب) سرعته المتجهة ✓ د) إزاحته الزاوية

8- جسم كتلته $50Kg$ وزخمه $250Kg.m/s$ ، احسب سرعته؟ $p=mv$

ا) $5m/s$ ✓ ج) $250m/s$

ب) $300m/s$ د) $20m/s$

9- إذا كانت كتلة جسمين متساوية، وسرعة الأول ضعف سرعة الثاني، فإن :

ا) $\tau_1{=}\tau_2$ ج) $\tau_1{>}\tau_2$ ✓

ب) $\tau_1{<}\tau_2$ د) $\tau_1{\leqslant}\tau_2$

10- إذا اصطدم جسمان مختلفان في الكتلة والسرعة، ثم التحما ببعضهما بعد التصادم، فإن سرعتهما بعد التصادم ؟

ا) $v_1{=}v_2$ ✓ ج) $v_1{>}v_2$

ب) $v_1{<}v_2$ د) $v_1{\leq}v_2$

11- أثبت أن وحدة الدفع هي نفسها وحدة الزخم ؟

يمكن إثباتها بطريقتين:

طريقة الفهم فبما أن الدفع هو فرق الزخم $J{=}P_f{-}P_i$ فيكون فرقهما بوحدة الزخم.

طريقة الإثبات الرياضي

$$\text{وحدة الدفع}{=}N.s$$

من قانون الثاني $$= \frac{kg \times m}{s^{\not 2}} \times \not s$$

$$\text{وحدة الزخم}{=}kg.m/s{=}$$

12- طائرة مروحية كتلتها $5000kg$ وسرعتها $300m/s$ ، احسب سرعتها لحظة إطلاق صاروخ كتلته $50kg$ وسرعته $700m/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m{=}5000Kg$ ، $v_i{=}300m/s$
$m{=}50Kg$ ، $vf_2{=}700m/s$

التطبيق:

$$m_1v_i{+}m_2v_i{=}m_1v_f{+}m_2v_f$$

$$5000{\times}300{+}50{\times}300{=}5000{\times}v_f{+}50{\times}700$$

$$15{\times}10^5{+}15{\times}10^3{=}5000{\times}v_f{+}35{\times}10^3$$

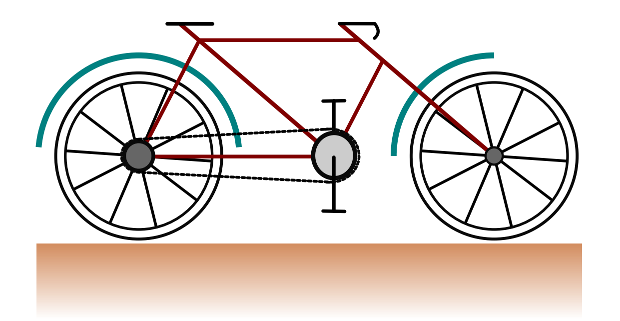
$$1515{\times}10^3{-}35{\times}10^3{=}5000{\times}v_f$$

$$v_f{=}\frac{148{\times}10^4}{5000}{=}296m/s$$

سرعة الطائرة تنخفض بتأثير ردة فعل انطلاق الصاروخ.

5

الشغل والطاقة



- الشغل والقدرة
- نظرية الشغل والطاقة
- الفائدة الميكانيكية

مقدمة

5.1 الشغل والقدرة

5.1.1 الشغل

الشغل هو حاصل ضرب القوة في الإزاحة التي تحدثها القوة.
يجب ملاحظة أن القوة المؤثرة هي القوة في اتجاه الحركة، وعند وجود زاوية بين اتجاه القوة واتجاه الحركة، فإننا نأخذ مركبة القوة التي في اتجاه القوة، أما القوة (أو مركبة القوة) العمودية على اتجاه الحركة فإنها تؤثر على اتجاه الحركة وليس على سرعتها.

$$W = Fd \quad (5.1)$$

حيث W الشغل جول J، F القوة نيوتن N، d الإزاحة متر m.

مثال 5.1.33 السؤال

1- أثرنا بقوة مقدارها $10N$ على عربة صغيرة، فسببت لها إزاحة $5m$، احسب الشغل المبذول على العربة؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=10N$ ، $d=5m$

التطبيق:

$$W=Fd$$

$$=10\times5=50J$$

النتيجة: الشغل المبذول على العربة 50 جول.

2- رجل يجر خلفه حقيبة سفر بعجلات بقوة مقدارها $20N$، عن طريق ذراع الحقيبة الذي يرتفع عن الأفق بزاوية 35 درجة، احسب الشغل الذي بذله الرجل لسحب الحقيبة لمسافة 8 أمتار؟

الحل

تعيين المعطيات: لأن القوة تؤثر بزاوية 35 درجة مع اتجاه الحركة، فإننا يجب أن نأخذ مركبتها الأفقية وليس القوة بالكامل.

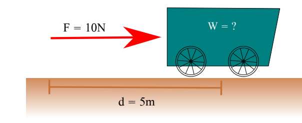
$F=20N$ ، $\theta=35^{\circ}$ ، $d=8m$

التطبيق:

$$W=Fd$$

$$=20\times cos35\times8=131.06J$$

النتيجة: الشغل الذي يبذله الرجل 131.06 جول.



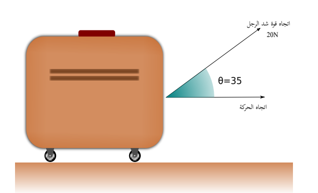
شكل 5.1: الشغل

5.1.2 الطاقة الحركية

الطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.2)$$

حيث KE الطاقة الحركية جول J، m الكتلة كيلوغرام kg، v السرعة متر/ثانية m/s.



شكل 5.2: شغل الحقيبة

مثال 5.1.34 السؤال

جسم كتلته $3kg$ ويسير بسرعة مقدارها $6m/s$، احسب طاقته الحركية؟

الحل

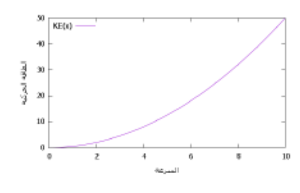
تعيين المعطيات: $m=3kg$ ، $v=6m/s$

التطبيق:

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

$$=\frac{1}{2}\times3\times6^2=54J$$

النتيجة: الطاقة الحركية للجسم 54 جول.


شكل 5.3: الطاقة الحركية

5.1.3 نظرية الشغل الطاقة

تنص نظرية الشغل الطاقة على أن الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية.

$$W = \Delta KE \tag{5.3}$$

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$

حيث KE الطاقة الحركية جول J ، m الكتلة كيلوغرام kg ، v السرعة متر/ثانية m/s.

مثال 5.1.35 السؤال

سيارة كتلتها $1000kg$ تسير بسرعة $50km/h$،
احسب الشغل اللازم لزيادة سرعتها إلى $90km/h$؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1000kg$ ، $v_i=50km/h=13.88m/s$ ، $v_f=90km/h=25m/s$

التطبيق:

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$

$$W=\frac{1}{2}\times1000\times(25^2-13.88^2)$$

$$W=216172.8J$$

النتيجة: الشغل الذي يبذله محرك السيارة لزيادة سرعتها من 50 إلى 90 كم/ساعة يساوي 216 كيلو جول.

5.1.4 القدرة

القدرة هي الشغل المبذول مقسوما على زمن إنجازه.

$$P = \frac{W}{t} \tag{5.4}$$

$$P = Fv \tag{5.5}$$

حيث W الشغل جول ، P القدرة واط ، t الزمن ثانية ، F القوة نيوتن ، v السرعة متر/ثانية.

للقدرة وحدة أخرى هي الحصان الميكانيكي وتساوي 746 واط.

مثال 5.1.36 السؤال

احسب قدرة رجل بذل شغلا مقداره $50J$ لمدة 20 ثانية؟

الحل

تعيين المعطيات: $W=50J$ ،$t=20s$

التطبيق:

$$P=\frac{W}{t}$$

$$=\frac{50}{20}=2.5watt$$

النتيجة: القدرة تساوي 2.5 وات.

2- راكب دراجة هوائية يبذل قوة مقدارها $100N$ ليصل لسرعة $36km/h$، احسب قدرة هذا الرجل؟ لا تنس تحويل السرعة للنظام الدولي؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $v=36km/h=10m/s$

التطبيق:

$$P=Fv$$

$$=100\times10=1000watt$$

النتيجة: القدرة تساوي 1000 وات.

⋆ ومضة

للتحويل من كم/ساعة إلى م/ث نقسم على 3.6

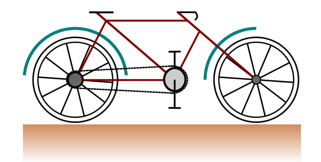
5.2 الآلات

5.2.1 الفائدة الميكانيكية

الفائدة الميكانيكية هي نسبة قوة المقاومة إلى القوة المبذولة.

$$MA=\frac{F_r}{F_e}=\frac{F_{\text{الخرج}}}{F_{\text{الدخل}}}=\frac{v_{\text{الدخل}}}{v_{\text{الخرج}}} \qquad (5.6)$$

حيث MA الفائدة الميكانيكية بدون وحدة، F_r قوة المقاومة وحدتها نيوتن N ، F_e القوة المبذولة على الجسم وحدتها نيوتن N .



شكل 5.4: الفائدة الميكانيكية للدراجة تساوي سرعة الدواسة مقسوما على سرعة العجلة الخلفية.

5.2.2 الفائدة الميكانيكية المثالية

الفائدة الميكانيكية المثالية هي الفائدة الميكانيكية القصوى للآلة، وسميت مثالية لأنها غير موجودة في الطبيعة، وكل ما يتمناه صانع الآلة، أن تكون الفائدة الميكانيكية لآلته قريبة من الفائدة الميكانيكية المثالية لها.

$$IMA=\frac{d_e}{d_r}=\frac{d_{\text{الدخل}}}{d_{\text{الخرج}}} \qquad (5.7)$$

حيث IMA الفائدة الميكانيكية المثالية بدون وحدة، d_e إزاحة القوة المبذولة، d_r إزاحة القوة المقاومة.

5.2.3 الكفاءة

الكفاءة هي مقياس لأداء الآلة أو النسبة المئوية للشغل الناتج إلى الشغل المبذول.

$$e=\frac{W_o}{W_i}\times100 \qquad (5.8)$$

حيث e كفاءة الآلة ، W_i الشغل المبذول، W_o الشغل الناتج.

صيغ أخرى لقانون الكفاءة

$$e=\frac{MA}{IMA}\times100$$

$$e=\frac{F_rd_r}{F_ed_e}\times100$$

مثال 5.2.37 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها $200N$ على رافعة، لرفع صندوق وزنه $1300N$ لمسافة $20cm$، احسب المسافة التي يجب علينا تحريك الرافعة إليها علما أن كفاءة الرافعة 90% ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F_e = 200N$ ، $F_r = 1300N$ ، $d_r = 20cm = 0.2m$

التطبيق:

$$e = \frac{F_r d_r}{F_e d_e} \times 100$$

$$90 = \frac{1300 \times 0.2}{200 \times d_e} \times 100$$

$$d_e = \frac{1300 \times 0.2 \times 100}{90 \times 200}$$

$$d_e = 1.44m$$

النتيجة: يجب تحريك هذه الرافعة 1.44متر لكي نستطيع رفع الصندوق 0.2متر.

5.3 التدريبات

1- احسب الشغل اللازم بذله على سيارة كتلتها $1200kg$ لكي تزيد سرعتها من $60km/h$ إلى $80km/h$ مع تجاهل الاحتكاك ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1200Kg$ ، $v_i=60km/h$ ، $v_f=80km/h$

التطبيق:

$$W=\frac{1}{2}mv_f^2-\frac{1}{2}mv_i^2$$

$$=0.5\times1200\times((\frac{80}{3.6})^2-(\frac{60}{3.6})^2)$$

$$=0.5\times1200\times((22.222)^2-(16.666)^2)$$

$$=129637.03J$$

2- يقوم قارب بجر متزلج بسرعة $20km/h$ وقوة جر $F=450N$ ، احسب القدرة المؤثرة على المتزلج؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=20km/h$ ، $F=450N$

التطبيق:

$$P=Fv$$

$$=450\times\frac{20}{3.6}=2500Watt$$

3- تقوم سيارة بسحب أخرى متعطلة على طريق مستوي، فإذا كانت تبذل شغل مقداره $2500J$ لمدة $10min$ ، احسب القدرة المؤثرة على السيارة؟

الحل

تعيين المعطيات: $W=2500J$ ، $t=10min=600s$

التطبيق:

$$P=\frac{W}{t}$$

$$=\frac{2500}{600}=4.16Watt$$

4- منظومة بكرات رفع (بلنقو) تحتاج لقوة مقدارها $10N$ لرفع جسم وزنه $75N$ ، احسب كفاءة الآلة له إذا كانت $IMA=9$؟

الحل

تعيين المعطيات: $F_e=10N$ ، $F_r=75N$ ، $IMA=9$

التطبيق: نحسب الفائدة الميكانيكية MA

$$MA=\frac{F_r}{F_e}$$

$$=\frac{75}{10}=7.5$$

ثم نحسب الكفاءة

$$e=\frac{MA}{IMA}\times100$$

$$=\frac{7.5}{9}\times100$$

$$=83.33\%$$

5- وحدة القدرة هي:

ا) $Watt$ ✓
ب) J
ج) N
د) ليس لها وحدة

6- الفائدة الميكانيكية المثالية تكون .... الفائدة الميكانيكية:

ا) $\leq$
ب) $\succ$
ج) $\geq$
د) $\prec$ ✓

7- جسم كتلته $2Kg$ وسرعته $1m/s$ ، احسب طاقته الحركية ؟

ا) $1J$ ✓
ب) $2J$
ج) $0.5J$
د) $3J$

8- جسم وزنه $3000N$ رفع إلى الأعلى مسافة $9m$ ، احسب قدرة الشغل المبذول لمدة $10s$ ؟

ا) $2700W$ ✓
ب) $0.03W$
ج) $3019W$
د) $270W$

9- لا يمكن أن تصل الكفاءة إلى 100% بسبب ؟

ا) طول الجسم
ب) الحرارة المفقودة ✓
ج) سعر الوقود
د) وزن الجسم

10- احسب الشغل المبذول لزيادة سرعة جسم كتلته $2Kg$ من سرعة $5m/s$ إلى $10m/s$ ؟ $W=0.5\times m\times(v_f^2-v_i^2)$

ا) $75J$ ✓
ب) $25J$
ج) $15J$
د) $5J$

11- الحصان الميكانيكي يساوي كم وات ؟

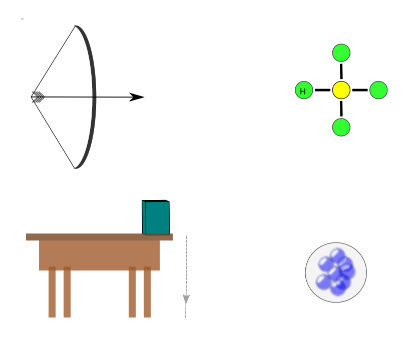
ا) 746 ✓
ب) 476
ج) 467
د) 647

12- ما هي وحدة الفائدة الميكانيكية ؟

ا) بدون وحده ✓
ب) وات
ج) نيوتن
د) حصان

6

الطاقة وحفظها



- الطاقة وأشكالها
- قانون حفظ الطاقة
- التصادمات



مقدمة

6.1 الطاقة وأشكال الطاقة

الطاقة هي مقدرة الجسم على إحداث تغير في نفسه أو الأشياء المحيطة به.

أشكال الطاقة للطاقة أشكال كثيرة مثل الطاقة الميكانيكية (الحركية + الكامنة)، الطاقة الحرارية، الطاقة النووية، الطاقة الشمسية، الطاقة الكيميائية .... الخ.

6.1.1 الطاقة الحركية

الطاقة الحركية هي الطاقة الناتجة عن حركة الجسم.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 \qquad (6.1)$$

حيث KE الطاقة الحركية جول J ، m الكتلة كيلوغرام kg ، v السرعة متر/ثانية m/s.

مثال 6.1.38 السؤال

احسب الطاقة الحركية لسيارة كتلتها $1200kg$ وتسير بسرعة مقدارها $110km/h$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=1200Kg$ ، $v=110km/h$

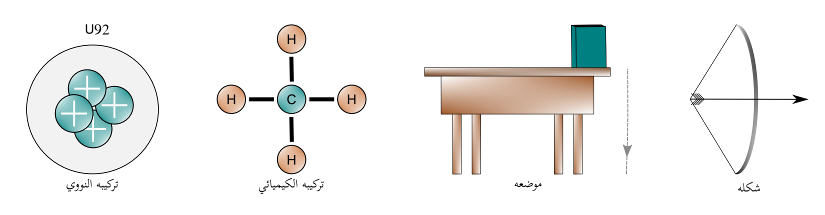
التطبيق:

$KE=\frac{1}{2}mv^2$

$=\frac{1}{2}\times1200\times30.55^2=559981.5J$

النتيجة: الطاقة الحركية للسيارة تساوي 559 كيلوجول.

6.1.2 الطاقة المخزنة



شكل 6.1: طاقة الوضع

هي الطاقة المخزنة في النظام نتيجة تغير في شكله أو موضعه أو تركيبه الكيميائي أو النووي. أي أن لدينا عدة أنواع منها طاقة وضع الجاذبية وطاقة الوضع الكهربائية وطاقة الوضع الكيميائية.

6.1.2.1 طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية

هي الطاقة المخزنة في النظام والناشئة عن قوة الجذب بين الأرض والجسم.

$$PE = mgh \qquad (6.2)$$

حيث PE طاقة الوضع وحدتها جول J، m الكتلة وحدتها كيلوغرام kg ، g تسارع الجاذبية الأرضية وحدته متر/ثانية مربعة m/s^2، h الارتفاع وحدته متر m .

مثال 6.1.39 السؤال

احسب طاقة الوضع الناشئة عن رفع جسم كتلته $4kg$ إلى ارتفاع $30m$ عن سطح الأرض ؟

الحل

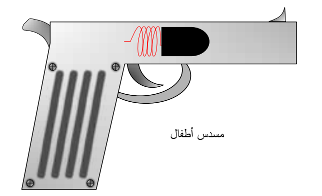
تعيين المعطيات: $m{=}4Kg$ ، $h{=}30m$

التطبيق:

$PE{=}mgh$

${=}4{\times}9.8{\times}30{=}1176J$

النتيجة: طاقة الوضع التي اكتسبها الجسم 1176 جول.



شكل 6.2: طاقة الوضع المرونية

6.1.2.2 طاقة الوضع المرونية

هي الطاقة المخزنة في النظام نتيجة تغير في شكل الأجسام المرنة، مثل انضغاط النابض في مسدس الأطفال، وعصا الزانة في رياضة القفز بالزانة، ووتر القوس في رياضة الرماية بالسهام.

6.1.2.3 طاقة الوضع السكونية

هي الطاقة التي تساوي كتلة الجسم مضروبة في مربع سرعة الضوء، ونقيسها بقانون اينشتاين لحساب طاقة الوضع.

$$E_0 = mc^2 \tag{6.3}$$

حيث E_0 طاقة الوضع السكونية وحدتها جول J، m الكتلة وحدتها كيلوغرام kg ، c سرعة الضوء وحدتها متر/ثانية m/s.

مثال 6.1.40 السؤال

احسب طاقة الوضع السكونية الناشئة عن تحويل $3kg$ من المادة إلى طاقة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m{=}3Kg$ ، $c{=}3{\times}10^8m/s$

التطبيق:

$E_0{=}mc^2$

${=}3{\times}(3{\times}10^8)^2{=}2.7{\times}10^{17}J$

النتيجة: طاقة الوضع السكونية الناتجة عن عملية التحويل تساوي $2.7{\times}10^{17}$ جول.

⋆ طرفة علمية

القريدس ذو المطرقة يصطاد فريسته بضرب كلابيه ببعضهما مولداً فقاعة بقطر 2 سم من بخار الماء الساخن.

6.1.3 قانون حفظ الطاقة

ينص قانون حفظ الطاقة على أنه في نظام معزول، الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر، أي أن المجموع الكلي للطاقة ثابت لا يتغير.

قانون حفظ الطاقة الميكانيكية ينص على أنه في نظام معزول، مجموع الطاقة الميكانية ثابت، إذا لم توجد أشكال أخرى من الطاقة.

أي أن مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع يبقى ثابت طالما كان النظام معزول، وكل زيادة في الطاقة الحركية يقابلها نقصان في طاقة الوضع، والعكس صحيح، فمثلا إذا كانت الطاقة الحركية $7N$ وطاقة الوضع $3N$ في هذه اللحظة فإن الطاقة الميكانيكية لهما $10N$، وإذا تغيرت الطاقة الحركية إلى $6N$ فإن طاقة الوضع ستكون بالتأكيد $4N$ لأن مجموع الطاقة الميكانيكية في هذا النظام المعزول يجب أن تظل ثابته وتساوي $10N$.

وفي الحقيقة إن النظام المعزول هو نظام مثالي غير موجود في الطبيعة، فكل نظام يفقد أو يكتسب جزءاً ولو صغيراً من الطاقة، لكننا نعتبر تجاوزاً النظام معزول إذا كان يفقد أو يكتسب جزء صغير جدا من الطاقة، والنظام الوحيد المعزول هو الكون ككل.[1]

[1] اعتبار الكون معزول قد يتعارض مع معتقدات الديانات السماوية إذا اعتبرنا أن السماء خارج الكون، فهم يؤمنون بأن الملائكة من نور أي طاقة، تنزل وتصعد إلى السماء.

$$E = PE + KE \tag{6.4}$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \tag{6.5}$$

حيث E الطاقة الميكانيكية، PE طاقة الوضع، KEالطاقة الحركية، i الابتدائية، fالنهائية، ووحدتهم جميعا الجول J .

ويجب ملاحظة أن الطاقة الميكانيكية E تفقد جزء منها إذا وجد الاحتكاك كما في القانون $\Delta E{=}E_f{-}E_i$.

مثال 6.1.41 السؤال

سقطت ثمرة جوز الهند كتلتها $2kg$ من أعلى شجرة ارتفاعها $12m$، احسب سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض ؟ (تجاهل الاحتكاك بالهواء)

الحل

تعيين المعطيات: الطاقة الحركية لحظة السقوط = 0 ، لأن السرعة = صفر

الطاقة الكامنة لحظة ملامسة الأرض = 0، لأن الارتفاع = صفر

$h{=}12m$ ،$m{=}2Kg$

التطبيق:

$KE_i{+}PE_i{=}KE_f{+}PE_f$

$0{+}\cancel{m}gh{=}\frac{1}{2}\cancel{m}v^2{+}0$

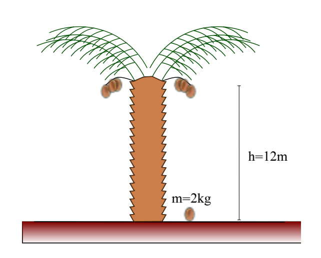
$9.8{\times}12{=}\frac{1}{2}{\times}v^2$

$9.8{\times}12{\times}2{=}v^2$

$v{=}\sqrt{9.8{\times}12{\times}2}{=}\sqrt{235.2}$

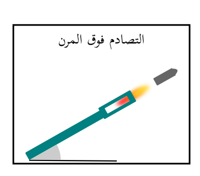
$v{=}15.33m/s$

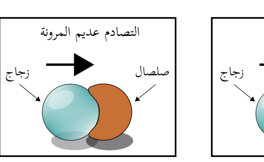
النتيجة: سرعة جوزة الهند لحظة التصادم بالأرض تساوي 15.33متر/ثانية.



شكل 6.3: قانون حفظ الطاقة

6.1.3.1 التصادمات





شكل 6.4: أنواع التصادمات

يوجد ثلاثة أنواع من التصادمات:

1) التصادم فوق المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أكبر من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i{<}\sum KE_f$، مثل اصطدام قادح الزناد بالرصاصة.

2) التصادم المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم مساوي لمجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i{=}\sum KE_f$، مثل اصطدام الكرات الزجاجية ببعضها.

3) التصادم تحت المرن وهو التصادم الذي يكون مجموع الطاقة الحركية للجسمين بعد التصادم أقل من مجموع الطاقة الحركية للجسمين قبل التصادم $\sum KE_i{>}\sum KE_f$، مثل تصادم كرات الصلصال ببعضها.

6.2 التدريبات

1- يرغب فتية الكشافة في نصب سارية العلم التي ارتفاعها $4m$ وكتلتها $10Kg$ ، احسب الشغل اللازم لذلك؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=10Kg$ ،$h=4m$

التطبيق: * مركز كتلة السارية منتصفها.

$$W=mgh$$

$$=10\times9.8\times2$$

$$=196J$$

2- احسب الطاقة الحركية لحبة فشار (ذرة جافة) كتلتها $5grams$ قفزت من المقلاة بسرعة $5m/s$ ؟ ثم احسب أقصى ارتفاع تصل له ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=5grams=5\times10^{-3}Kg$ ،$v=12m/s$

التطبيق:

الطاقة الحركية $KE=\frac{1}{2}mv^2$

$$=\frac{1}{2}\times0.005\times5^2$$

$$=0.0625J$$

أقصى ارتفاع $PE=mgh$

$$0.0625=0.005\times9.8\times h$$

$$h=\frac{0.0625}{0.049}=1.27m$$

3- انزلق طفل كتلته $40Kg$ على لعبة تزحلق ارتفاع قمتها عن الأرض $2m$ ، فوصل الأرض بسرعة $5m/s$ أوجد طاقة الاحتكاك المؤثرة عليه ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=40Kg$ ،$h=2m$ ،$v=5m/s$

التطبيق: طاقة الوضع الكامنة $PE=mgh$

$$PE=40\times9.8\times2=784J$$

الطاقة الحركية $KE=\frac{1}{2}mv^2$

$$=\frac{1}{2}\times40\times5^2$$

$$=500J$$

طاقة الاحتكاك $E_{\text{الاحتكاك}}=PE-KE$

$$=784-500=284J$$

4- وحدة طاقة الوضع هي:

ا) Kg

ب) $Watt$

ج) N

د) J ✓

5- أي من مصادر الطاقة التالية من مصادر الطاقة المتجددة:

ا) الشمس ✓

ب) الرياح ✓

ج) اليورانيوم

د) سدود الأنهار ✓

6- الطاقة التي يحتفظ بها الجسم :

ا) طاقة الوضع ✓

ب) الطاقة الحركية

ج) الطاقة الكهربائية

د) الطاقة الكهرومغناطيسية

7- التصادم الذي لا يصاحبه فقد أو اكتساب في الطاقة :

ا) تحت المرن

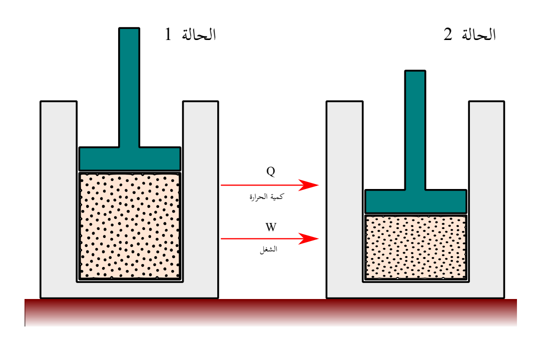
ب) المرن ✓

ج) فوق المرن

د) عديم المرونة

7

الطاقة الحرارية



- درجة الحرارة وكمية الحرارة
- الاتزان الحراري
- الديناميكا الحرارية

مقدمة

الحرارة والإنسان صديقان يصعب أن يفترقا، بدءا من حرارة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية) التي تمده بفيتامين د مرورا بحرارة نار الطبخ، وحرارة المدفأة، ولا ننسى أهم شيء وهو حرارة جسم الإنسان التي يجب أن لا تقل أو تزيد كثيرا عن $37.5^{\circ}C$ ، ولهذا حرص الإنسان على البحث عن مصادر الحرارة من الخشب إلى البترول إلى الغاز إلى الطاقة النووية الانشطارية. فما هي الحرارة؟ الحرارة ببساطة هي الطاقة المنقولة لحظيا نتيجة لاختلاف درجة الحرارة بين المواد أو الأجسام.

7.1 درجة الحرارة وكمية الحرارة

7.1.1 درجة الحرارة

درجة الحرارة هي صفة في المادة تحدد اتجاه انتقال الحرارة من جسم إلى آخر في الوضع الطبيعي، ففي الطرق الصناعية مثل المبردات يتم انتقال الحرارة من الجزء البارد إلى الجزء الساخن.

ونستطيع قياس درجة الحرارة باستخدام أي خاصية في المادة تتأثر بالحرارة، مثلا المادة تتمدد بالحرارة وهذا مكننا من صنع الترمومتر الذي يعتمد على تمدد السائل في أنبوب زجاجي. أيضا المادة إذا ارتفعت درجة حرارتها تصدر أشعة تحت حمراء وهذا مكننا من صنع البايروميتر الذي يعتمد على قياس كمية الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الجسم وبالتالي معرفة درجة الحرارة، أيضا بعض المواد البلاستيكية يتغير لونها بتغير درجة الحرارة وهذا ساعدنا على صنع مقياس درجة حرارة لوني.

7.1.2 كمية الحرارة

كمية الحرارة أو الطاقة الحرارية هي متوسط الطاقة الحركية لجميع جزئيات المادة.

وتقاس كمية الحرارة بالجول J ، لكن تستخدم وحدة أخرى لقياسها وهي الكالوري أو السعر Cal والعلاقة بينهما $1\ Cal{=}4.186J$ ، مع ملاحظة أن مصانع الأغذية تستخدم الكالوري الكبير على العبوات، فإذا كتبت $10\ Cal$ فهذا يعني $10000\ Cal$.

الكالوري هو الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة $1gram$ من الماء $1^{\circ}C$.

7.1.3 العلاقة بين درجة الحرارة وكمية الحرارة

العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة تشبه العلاقة بين كمية الماء ومستوى الماء في إناء، كيف؟

- إذا كان لدينا وعاءين غير متساويين في الحجم ووضعنا في الأول لتر من الماء، ووضعنا في الثاني لتر من الماء، فإن مستوى الماء في الإناء الكبير سيكون بالتأكيد أقل من مستوى الماء في الإناء الصغير رغم تساوي كمية الماء فيهما، أي أن تساوي كمية الماء في الوعاءين لا يعني بالضرورة تساوي مستوى الماء فيهما.

- إذا ملأنا الوعاءين السابقين بحيث يصبح مستوى الماء فيهما متساوي، فإننا سنلاحظ أن كمية الماء في الوعاء الكبير أكبر من كمية الماء في الوعاء الصغير رغم تساوي مستوى الماء فيهما، أي أن تساوي مستوى الماء في الوعاءين لا يعني بالضرورة تساوي كمية الماء فيهما.

شكل 7.1: كمية الحرارة

وكذلك بالنسبة لكمية الحرارة ودرجة الحرارة، فحين نرغب بتسخين كميتي ماء مختلفتين في الحجم من 10 درجات مئوية إلى 50 درجة مئوية فإن الكمية الأكبر تحتاج إلى كمية حرارة أكبر رغم تساوي درجة حرارتهما، والعكس صحيح، أي أن تساوي درجة حرارة الجسمين لا يعني بالضرورة تساوي كمية حرارتهما، وتساوي كمية حرارة جسمين لا يعني الضرورة تساوي درجة حرارتهما.

7.1.4 الاتزان الحراري

الاتزان الحراري هو الحالة التي يصبح عندها معدل التدفق الحراري بين الجسمين متساوي، ودرجة حرارتهما متساوية أيضا، فحين يضع الإنسان يده على جسم ساخن فإنه يشعر بالحرارة لأن الطاقة الحرارية بدأت تنتقل من الجسم الساخن إلى يده، أما إذا وضع يده على جسم بارد فإن الحرارة تبدأ بالانتقال من يده إلى الجسم البارد فيشعر حينها بالقشعريرة.

7.1.5 الحرارة النوعية والسعة الحرارية

إن كمية الحرارة المنتقلة للجسم تعتمد على ثلاثة أشياء: كتلة المادة - نوعها - التغير في درجة الحرارة. لكن لكل كتلة معينة من المادة سعة معينة من الحرارة، أي لا نستطيع نقل كمية لا نهائية من الحرارة إلى الجسم.

الحرارة النوعية هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة من المادة لدرجة مئوية واحدة.

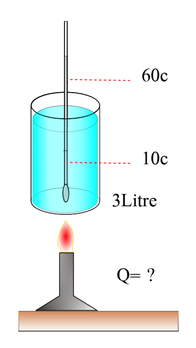
السعة الحرارية هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم لدرجة مئوية واحدة.

$$Q = mC(T_f - T_i) \quad (7.1)$$

حيث Q كمية الحرارة، m الكتلة ، T_f درجة الحرارة النهائية، T_i درجة الحرارة الابتدائية.

المادة	C	المادة	C	المادة	C	المادة	C
الألومنيوم	900	النحاس	387	الخشب	1700	الهواء	721
الحديد	452	الخرسانة	840	الماء $15°C$	4186	الأمونيا	1670

جدول 7.1: الحرارة النوعية لبعض المواد



شكل 7.2: الحرارة النوعية والسعة الحرارية

مثال 7.1.42 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 3 لتر من الماء من 10 سلزيوس إلى 60 سلزيوس؟

الحل

تعيين المعطيات: الحرارة النوعية للماء $4180J/kg.°C$ ، $m=3L=3Kg$

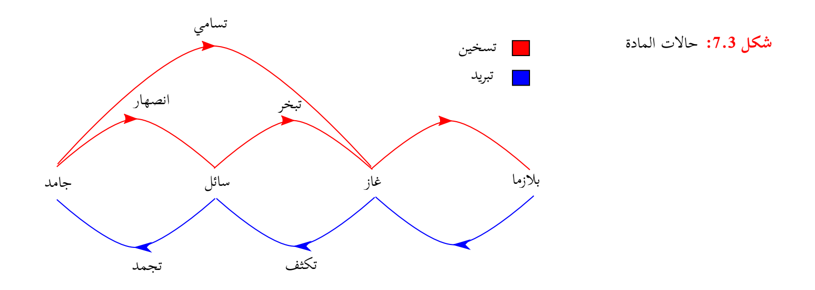
التطبيق: $Q=mC(T_f-T_i)$

$=3\times4180\times(60-10)$

$=627kJ$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين هذا الماء °50 سلزيوس تبلغ 627 كيلوجول.

7.2 تحولات حالات المادة



شكل 7.3: حالات المادة

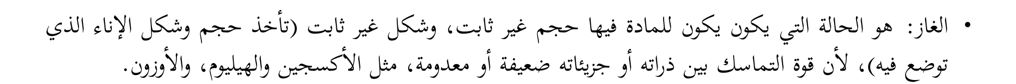
إن المادة عند فقدها أو اكتسابها للطاقة الحرارية يحدث لها تغير في الطاقة الحركية لجزيئاتها، فإذا اكتسبت طاقة حرارية تزداد حركة جزيئاتها وإذا فقدت طاقة حرارية تقل حركتها، وهذا التغير في الطاقة الحركية والذي يؤدي عند حد معين إلى تغير في الروابط بين جزيئاتها. مثل الانصهار والتبخر.

التسامي هو عملية تحول المادة من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة، مثل تسامي اليود عند تسخينه، وتسامي الجليد الموضوع في مجمد الثلاجة (الفريزر) لفترة طويلة، ومثل كرات النفتالين، وبعض المعطرات الحديثة الصلبة.

حالات المادة:

- الجامد: هو الحالة التي يكون للمادة فيها حجم ثابت وشكل ثابت، لأن قوة التماسك بين جزيئاته كبيرة، والمسافة بين ذراته صغيرة، مثل النحاس والصخر، والبلاستيك.

- السائل: هو الحالة التي يكون للمادة حجم ثابت وشكل غير ثابت (تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه)، لأن قوة التماسك والمسافة بين جزيئاته متوسطة، مثل الماء والزيت، والزئبق.



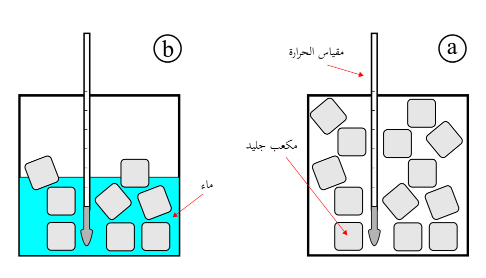
- الغاز: هو الحالة التي يكون يكون للمادة فيها حجم غير ثابت، وشكل غير ثابت (تأخذ حجم وشكل الإناء الذي توضع فيه)، لأن قوة التماسك بين ذراته أو جزيئاته ضعيفة أو معدومة، مثل الأكسجين والهيليوم، والأوزون.

- البلازما: هي الحالة التي تكون فيها ذرات أو جزيئات الغاز في حالة تأين نتيجة درجة الحرارة العالية جداً، مثل خط البرق، أيضا شرارة الولاعة (القداحة الكهربائية) في المطبخ، والشرارة التي تخرج عند خلع بعض أنواع الملابس، ولحام البلازما.



شكل 7.4: البلازما[2]

7.2.1 الطاقة الكامنة للانصهار



شكل 7.5: الطاقة الكامنة للانصهار

عندما نضع مقياس الحرارة في إناء ممتليء بالثلج سنجده $0^{\circ}C$ وإذا تركنا الثلج زمنا يكفي لذوبان جزء منه ثم أعدنا قياس درجة حرارة محتوي الإناء فإننا سنجد أن درجة الحرارة لا زالت $0^{\circ}C$ ؟! ، إن الحرارة التي اكتسبها الثلج من الهواء المحيط لم تؤد لزيادة في درجة الحرارة وإنما أكسبت الثلج طاقة مكنته من تحويل الجليد إلى ماء بعملية الانصهار، ولهذا نسمي هذه الطاقة بالطاقة الكامنة للانصهار H_f .

المادة	H_f	H_v	المادة	H_f	H_v	المادة	H_f	H_v
الماء	334	2256	الألمنيوم	380	11400	النيتروجين	25.5	201
الزئبق	11.8	272	النحاس	134	5069	الأكسجين	13.8	213

جدول 7.2: الطاقة الكامنة لانصهار وغليان بوحدة KJ/kg

الطاقة الكامنة للانصهار كمية الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار وحدة الكتل من مادة ما.

$$Q = mH_f \tag{7.2}$$

حيث Q كمية الحرارة، m الكتلة ، H_f الحرارة الكامنة للانصهار.

مثال 7.2.43 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لانصهار 10 جرام من الثلج عند درجة صفر سلزيوس؟

الحل

تعيين المعطيات: $H_f = 334 KJ/Kg$ ، $m = 100g$

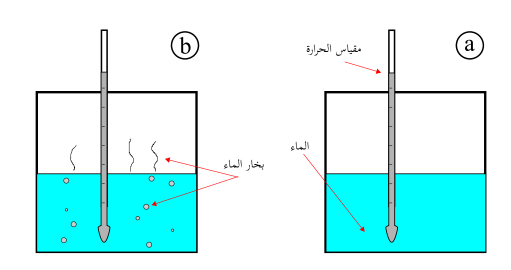
التطبيق:

$$Q = mH_f$$

$$= 0.1 \times 334 \times 10^3 = 33400 J$$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لانصهار 100جرام من الثلج تبلغ 33400 جول.

7.2.2 الطاقة الكامنة للغليان



شكل 7.6: الطاقة الكامنة للغليان

وعندما نضع مقياس الحرارة في إناء به ماء ثم نسخن الماء إلى $100^{\circ}C$ ، ثم نستمر بالتسخين، سنلاحظ أن درجة الحرارة تبقى ثابتة عند $100^{\circ}C$ رغم استمرار التسخين، لأن هذه الحرارة تستهلك في تحويل الماء إلى بخار بعملية الغليان، ولهذا تسمى هذه الطاقة بالطاقة الكامنة للغليان H_v .

الطاقة الكامنة للغليان أو التبخر كمية الطاقة الحرارية اللازمة لغليان (لتبخر) وحدة الكتل من مادة ما.

$$Q = mH_v \quad (7.3)$$

حيث Q كمية الحرارة، m الكتلة ، H_f الحرارة الكامنة للتبخر.

مثال 7.2.44 السؤال

احسب كمية الحرارة اللازمة لتبخير 10 جرام من الماء؟

الحل

تعيين المعطيات: $H_v=2256KJ/Kg$ ، $m=100g$

التطبيق:

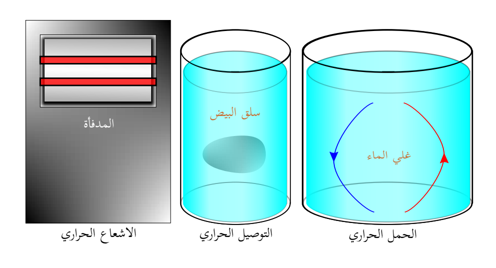
$$Q=mH_v$$

$$=0.1\times2256\times10^3=225600J$$

النتيجة: الطاقة الحرارية اللازمة لتبخير 100جرام من الماء تبلغ 225600 جول.

7.2.3 التدفق الحراري وطرقه

إن الأجسام أو المواد غير المتزنة حراريا تنتقل الحرارة فيما بينها، إلى أن تصل للاتزان الحراري، وقد يكون هذا الانتقال سريعا مثل عملية الطبخ، أو قد يكون بطيئا مثل ارتفاع درجة حرارة المنزل بتأثير شروق الشمس. ويمكننا التحكم بهذا الانتقال عن طريق إضافة مواد عازلة أو لون مناسب، فمثلا الأبيض يعكس الضوء بينما الأسود يمتصه.



شكل 7.7: طرق التدفق الحراري

الطاقة الحرارية تنتقل من جسم إلى آخر بثلاث طرق هي:

1- التوصيل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق تصادم الجزيئات ببعضها عند التلامس أو الخلط.
مثل تسخين الملعقة بوضعها في الشاي الساخن، أو خلط ماء بارد وماء ساخن. ويحسب معدل التوصيل الحراري بالقانون

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA(T_f - T_i)}{d} \tag{7.4}$$

حيث $\frac{Q}{t}$ معدل التوصيل الحراري، K معامل التوصيل الحراري ، T_f درجة الحرارة النهائية، T_i درجة الحرارة الابتدائية، A مساحة السطح، d سمك السطح.

المادة	K	المادة	K	المادة	K	المادة	K
الخشب	0.08−0.16	الفلين	0.042	الألياف الزجاجية	0.042	الفوم الرغوي	0.01
الخرسانة	0.84	الصوف	0.04	الهواء	0.023	الحديد	80

جدول 7.3: التوصيلية الحرارية لبعض المواد $J/s.m.^{\circ}C$

مثال 7.2.45 السؤال

وضع رجل كمية من الثلج داخل حافظة من الفوم الرغوي الذي توصيليته الحرارية $0.01 J/s.m.^{\circ}C$ ، احسب كتلة الجليد الذي سيذوب خلال يوم واحد في درجة حرارة خارجية $35^{\circ}C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=0.01 J/s.m.^{\circ}C$ ، $t=86400 s$

التطبيق:

$$\frac{Q}{t} = \frac{KA(T_f - T_i)}{d}$$

$$\frac{Q}{86400} = \frac{0.01 \times 0.95 \times (35-0)}{0.025} = 13.3$$

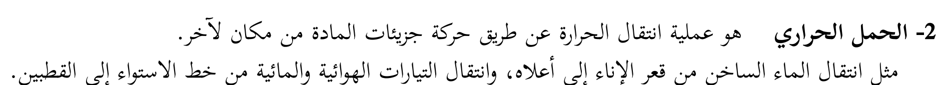
$$\frac{Q}{86400} = 13.3$$

$$Q = 13.3 \times 86400 = 1.15 \times 10^6 J$$

$$Q = mH_f$$

$$m = \frac{Q}{H_f} = \frac{1.15 \times 10^6}{334 \times 10^3} = 3.44 kg$$

النتيجة: كتلة الثلج الذي سيذوب خلال يوم يساوي 3.44 كيلو غرام.



2- الحمل الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق حركة جزيئات المادة من مكان لآخر.
مثل انتقال الماء الساخن من قعر الإناء إلى أعلاه، وانتقال التيارات الهوائية والمائية من خط الاستواء إلى القطبين.

3- الإشعاع الحراري هو عملية انتقال الحرارة عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية.
مثل انتقال الحرارة من الشمس إلى الأرض، أو الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن الماء الساخن الظاهر في الصورة بالهامش، ويمكن أن يكون الإشعاع الصادر بعدة ترددات فقد يكون موجات ضوء مرئي أو أشعة تحت حمراء أو فوق بنفسجية أو أشعة سينية. ويزداد تردد الموجة الصادرة بزيادة درجة الحرارة، ولهذا تكون شعلة اللحام الغازي حمراء في بداية الإشعال ثم تبدأ بالتغير للون الأبيض (البنفسجي الساطع). ويحسب معدل الإشعاع الحراري بمعادلة ستيفان - بولتزمان:

شكل 7.8: الماء الساخن يصدر الأشعة تحت الحمراء.

$$\frac{Q}{t} = \sigma e A T^4 \tag{7.5}$$

$$\frac{Q}{t} = \sigma e A (T_2^4 - T_1^4)$$

حيث $\frac{Q}{t}$ معدل التوصيل الحراري، $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} J/s.m^2.k^4$ ويسمى ثابت ستيفان - بولتزمان وينطق الرمز سجما، A مساحة السطح، T درجة الحرارة بالكالفن ، e معامل الانبعاثية.

معامل الانبعاثية e يتراوح بين 1−0 ولا يزيد أو يقل عن هذا المدى، حيث 1 تعني أن الجسم لا يبعث أو يشع أي شيء مثل الجسم الأسود المثالي، بينما السطح العاكس المثالي يساوي 0 ، مثلا $e=0.97$ لجسم الإنسان، و $e=0.99$ لحبر طابعة الليزر.

مثال 7.2.46 السؤال

احسب معدل الإشعاع الحراري من جسم إنسان مساحة جسمه $1.5m^2$ ودرجة حرارته $37^{\circ}C$ ويقف داخل غرفة سوداء درجة حرارتها $20^{\circ}C$ ؟ تجاهل تأثير الملابس.

الحل

تعيين المعطيات: $\sigma=0.97$ ، $A=1.5m^2$

التطبيق:

$$\frac{Q}{t}=\sigma e A(T_2^4-T_1^4)$$

$$\frac{Q}{t}=5.67\times10^{-8}\times0.97\times1.5\times(293^4-310^4)$$

$$=-153.872J/s=-153.872Watt$$

النتيجة: أي أن هذا الإنسان يخسر حرارة تساوي 153.8 جول في كل ثانية، ولهذا من الأفضل تقليل برودة المكيف لتقليل الطعام الذي نحتاجه لتعوض الحرارة المفقودة.

7.3 قوانين الديناميكا الحرارية

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة ولهذا فإنها يمكن أن تتحول إلى أشكال الطاقة المختلفة، لكن ما يميز الطاقة الحرارية أنها تظهر عند تحول الطاقة من شكل لآخر وهي في الغالب حرارة مفقودة، مثلا عند تحويل الوقود (طاقة كيميائية) إلى طاقة حركية في محرك السيارة فإن جزء من الطاقة يفقد على شكل حرارة تنتقل للهواء المحيط، فما هي القوانين التي تنظم وتشرح عملية انتقال الحرارة؟

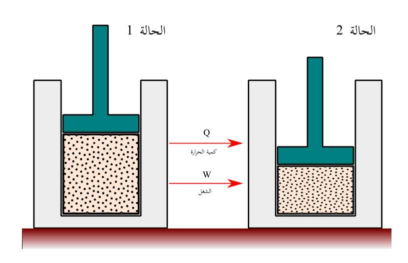
القانون الأول للديناميكا الحرارية

نص القانون الأول إن ارتفاع الطاقة الداخلية لنظام ثرموديناميكي معين يساوي كمية الطاقة الحرارية المضافة للنظام، مطروح منها الشغل الميكانيكي المبذول من النظام إلى الوسط المحيط.

عندما نبذل طاقة معينة Q لإنتاج شغل W ما فإننا نحصل على هذا الشغل بالإضافة إلى أن الجهاز أو المحرك ترتفع درجة حرارته، أي جزء من الطاقة فقد على شكل حرارة ΔU ، مثلا نضع في السيارة وقود Q فنحصل على شغل يحرك السيارة W وكذلك يسخن محرك السيارة على شكل حرارة مفقودة ΔU تزيد من الطاقة الداخلية للنظام، ومنه $Q=W+\Delta U$ وبنقل W للطرف الأخر نحصل على:

$$\Delta U = Q - W \tag{7.6}$$

حيث ΔU التغير في الطاقة الحرارية، Q كمية الحرارة المضافة ، W الشغل الذي يبذله الجسم.



شكل 7.9: القانون الأول للديناميكا الحرارية[5]

وتكون Q موجبة إذا كانت الطاقة تضاف إلى النظام وسالبة إذا كان النظام يخسر الطاقة. وتكون W موجبة إذا كان النظام يبذل الشغل، وسالبة إذا كان الشغل يبذل على النظام. إن التغير في الطاقة الداخلية ΔU هو تغير في الطاقة الميكانيكية لذرات المادة أي التغير في الطاقة الحركية والكامنة فيها.

مثال 7.3.47 السؤال

أعطينا نظاما طاقة مقدارها $100J$ فأنجز النظام شغل مقداره $30J$ ، ثم خسر النظام طاقة مقداره $20J$ نتيجة بذل شغل مقداره $5J$ على النظام، احسب التغير في الطاقة الداخلية للنظام؟

الحل

تعيين المعطيات: $Q=2.26\times10^6 J/kg$ ، $T=373.15$

التطبيق:

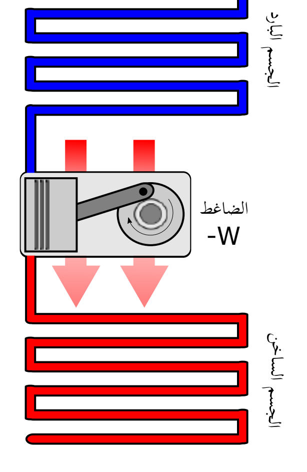
$Q=100-20=80J$

$W=30-5=25J$

$\Delta U=Q-W$

$\Delta U=80-25=55J$

النتيجة: التغير في الطاقة الداخلية للنظام تساوي 55 جول.



شكل 7.10: الثلاجة

7.3.1 القانون الثاني للديناميكا الحرارية

نص القانون الثاني من المستحيل في أي نظام لنقل الحرارة من خزان حراري أن نحول الشغل في دورة معالجة كاملة بحيث يعود النظام لحالته الأولى.

أو لا يمكن أن تنتقل كمية من الحرارة من جسم بارد إلى جسم ساخن إلا ببذل شغل من الخارج. مثلا الحرارة تنتقل من داخل الثلاجة البارد إلى الهواء الخارجي الساخن ببذل شغل خارجي يقوم به ضاغط الثلاجة (الكمبروسور)، فالوضع الطبيعي في الحياة أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، لكن حين فعلنا العكس وجب علينا بذل شغل خارجي.

إننا إذا استطعنا نقل الحرارة من الخزان الأول إلى الثاني ثم أعدناه إلى الأول مرة أخرى في دورة كاملة فهذا يعني أننا لم نفقد شيئا من الطاقة $\Delta U=0$ ، وهذا يجعل القانون الأول للديناميكا هكذا $0=Q-W$ أي $W=Q$ وحيث أن لدينا خزانين حراريين حار $heat$ وبارد $cold$ فهذا يعني أن $Q=Q_h-Q_c$ وبالتعويض في القانون الأول يصبح:

$$W = Q_h - Q_c \tag{7.7}$$

وحيث أننا عمليا نفقد جزء من الطاقة أثناء عملية التحويل لذا نحتاج إلى قانون كفاءة الدورة الحرارية:

$$Eff = \frac{W}{Q_h} = \frac{Q_h - Q_c}{Q_h} = 1 - \frac{Q_c}{Q_h} \tag{7.8}$$

مثال 7.3.48 السؤال

لدينا محرك يستهلك طاقة مقدارها $5\times10^{12}J$ في اليوم، ويفقد حرارة مقدارها $1.5\times10^{12}J$ تنتقل بالكامل للهواء الجوي، احسب الشغل الناتج وكفاءة المحرك؟

الحل

تعيين المعطيات: $Q_h=5\times10^{12}J/kg$ ، $Q_c=1.5\times10^{12}J$

التطبيق:

$W=Q_h-Q_c$

$=5\times10^{12}-1.5\times10^{12}$

$=3.5\times10^{12}J$

$Eff=\frac{W}{Q_h}=\frac{3.5\times10^{12}}{5\times10^{12}}=0.7$

النتيجة: الشغل الناتج يساوي $3.5\times10^{12}J$ وكفاءة الآلة 70% .

الانتروبي يتزايد انتروبي أي نظام معزول مع الوقت ويميل الانتروبي للوصول إلى نهاية عظمى سواء في النظام المعزول أو في الكون، ويمكن تعريفه بأنه مقياس لزيادة الحركة العشوائية لمكونات النظام نتيجة ارتفاع درجة حرارته.

فالماء حين يغلي تزداد حركة جزيئاته وهذا يسمى زيادة في الانتروبي، والكون يزداد اتساعه وتتباعد مجراته عن بعضها نتيجة زيادة حرارته (الحرارة الصادرة من النجوم)، والطاقة الحرارية تتناسب مع درجة الحرارة بالعلاقة:

$$\frac{Q_h}{T_h}=\frac{Q_c}{T_c}$$

ونسمي العلاقة التالية بالتغير في الانتروبي[1]:

$$\Delta S=\frac{Q}{T} \quad (7.9)$$

حيث ΔS التغير في الانتروبي، Q كمية الحرارة المضافة للجسم ، T درجة حرارة الجسم بالكالفن.

ونعوض عن Q بالسالب إذا كانت الحرارة خارجة من الخزان الحراري وتكون موجبة إذا كانت داخله إليه. وعند وجود دورة حرارية مثالية أي من الساخن للبارد $-\Delta S$ ومن البارد للساخن ΔS فتكون النتيجة النهائية للنتروبي $-\Delta S+\Delta S=0$.

مثال 7.3.49 السؤال

احسب التغير في الانتروبي عند تكثف 1 كيلوغرام من بخار الماء عند درجة حرارة 80 مئوية، وواحد ضغط جوي عند نفس الظروف، حيث الطاقة الكامنة للتبخر؟

الحل

تعيين المعطيات: $Q=2.26\times10^6 J/kg$، $T=373.15$

التطبيق:

$$\Delta S=\frac{Q}{T}$$

$$=-\frac{2.26\times10^6}{353.15}$$

$$=-6.4\times10^3 JK^{-1}$$

النتيجة: التغير في الانتروبي يساوي -6.4×10^3 جول/كالفن، لاحظنا أن Q سالبة لأن الحرارة تخرج عند التكثف.

[1] كلمة الانتروبي entropy تعني الكون المحيط بشيء ما.

7.4 التدريبات

1- احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 5 لتر من الماء من 10 سلزيوس إلى 60 سلزيوس؟

الحل

تعيين المعطيات: $C=4180J/kg.^{\circ}C$ ، $m=5L=5Kg$

التطبيق:

$$Q=mC(T_f-T_i)$$

$$=5\times4180\times(60-10)$$

$$=1045kJ$$

2- كم الطاقة الحرارية اللازمة لإذابة قطعة زبدة لذيذة كتلتها $250g$ تلزم لإعداد وجبة كبدة؟

الحل

تعيين المعطيات: $H_f=60J/g$ ، $m=250g$

التطبيق:

$$Q=mH_f$$

$$=250\times60=15000J$$

3- عندما يسعى حاج كتلته $70Kg$ في الحج، فيقطع مسافة $2765m$ في سبعة أشواط، احسب الزيادة في درجة حرارة لتر من الماء حين يكتسب الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=70Kg$ ، $d=2765m$

التطبيق: الطاقة التي يستهلكها الحاج في السعي

$$E=\frac{m\times d}{1.6}=\frac{70\times2.765}{1.6}$$

$$=121Cal\times4.1868=506.6J$$

$$Q=mC\Delta T$$

$$506.6=1\times4180\times\Delta T$$

$$\Delta T=\frac{506.6}{4180}=0.12^{\circ}C$$

4- احسب الزيادة في درجة حرارة لتر من الماء حين يكتسب الطاقة التي يستهلكها الحاج في الطواف حيث متوسط طول أشواط الطواف السبعة 1830 متر ؟

5- إذا علمت أن الإنسان يحتاج لحرق 7000 كالوري لكي يفقد $1Kg$من كتلته، احسب التغير في درجة حرارة $1Kg$ من الماء، إذا اكتسب الماء الطاقة المبذولة لحرق $3Kg$ من جسم الإنسان؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=3Kg$ ، $C=4180J/Kg.^{\circ}C$

التطبيق: الطاقة بالجول $Q=3\times7000\times4.1868$

$$=87922.8J$$

التغير في درجة الحرارة $Q=mC\Delta T$

$$\Delta T=\frac{87922.8}{4180}=21^{\circ}C$$

6- وحدة التغير في الانتروبي هي:

ا) N

ب) J/K ✓

ج) J/s^2

د) $m.s^s$

7- الجسم الأسود المثالي هو جسم :

ا) يمتص جميع الأشعة الساقطة عليه ✓

ب) يمتص جزء ويعكس جزء من الأشعة

ج) يعكس جميع الأشعة الساقطة عليه

د) لا يمتص أو يعكس أي أشعة

8- الحرارة هي إشعاع موجات :

ا) كهرومغناطيسية ✓

ب) طولية

ج) ميكانيكية

د) موقوفة

9- انتقال الحرارة في الفراغ بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية يسمى :

ا) الإشعاع الحراري ✓

ب) التوصيل الحراري

ج) الحمل الحراري

د) التخزين الحراري

10- حول درجة الحرارة $70^{\circ}C$ إلى ما يقابلها في مقياس كالفن ؟ $K=C+273$

ا) $343^{\circ}K$ ✓

ب) $203^{\circ}K$

ج) $300^{\circ}K$

د) $420^{\circ}K$

11- أي مما يلي يعتبر مادة ؟

ا) الدخان ✓

ب) الضوء

ج) الموجات

د) الحرارة

12- العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الحركية للذرات ؟

ا) تناسب طردي ✓

ب) تناسب عكسي

ج) عكسي أحيانا

د) طردي أحيانا

13- نجلس أمام النار فنشعر بحرارتها، ما نوع التدفق الحراري ؟

ا) الحمل الحراري
ج) التوصيل الحراري
ب) الإشعاع الحراري ✓
د) التبريد الحراري

14- ضغط سائق شاحنة كتلتها $10000kg$ على المكابح وأوقفها أثناء سيره على منحدر نزولا، احسب التغير في درجة حرارة المكابح، إذا علمت أن حرارتها النوعية $800J/kg.^{\circ}C$ و فرق الارتفاع بين نقطة البداية ونقطة النهاية $75m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $C{=}800J/kg.^{o}C$ ، $m_{truck}{=}10000Kg$ ، $m_{brake}{=}100Kg$

التطبيق:

$$PE{=}mgh$$

$$={10}{\times}{10}^{3}{\times}9.8{\times}75{=}735{\times}{10}^{4}J$$

$$Q{=}mC\Delta T$$

$$\Delta T{=}\frac{735{\times}10^{4}}{100{\times}800}{=}91.875^{\circ}C$$

15- وضعنها ربع كيلو غرام ماء درجة حرارته $20^{\circ}C$ في إناء من الألومنيوم كتلته نصف كيلو جرام ودرجة حرارته $150^{\circ}C$ ، احسب درجة الاتزان الحراري؟

الحل

تعيين المعطيات: $C_{water}{=}4186J/kg.^{o}C$ ، $C_{Al}{=}4186J/kg.^{o}C$

$m_{water}{=}0.25Kg$ ، $m_{Al}{=}0.5Kg$

التطبيق:

$$Q{=}mC\Delta T$$

$$Q_{\text{المكتسبة}}{=}0.25{\times}4180{\times}(T_f-20)$$

$$Q{=}1045T_f-20900$$

$$Q_{\text{المفقودة}}{=}0.5{\times}900{\times}(150-T_f)$$

$$Q{=}67500-450T_f$$

$$\because Q_{\text{المفقودة}} = Q_{\text{المكتسبة}}$$ [2]

$$1045T_f-20900{=}67500-450T_f$$

$$1045T_f+450T_f{=}67500+20900$$

$$T_f{=}\frac{88400}{1495}{=}59.13^{\circ}C$$

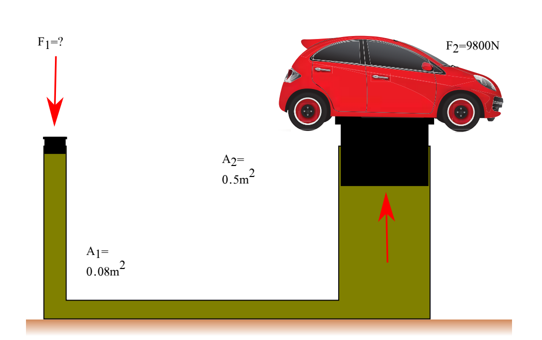
16- يستخدم الماء لتبريد محرك السيارة لأنه؟

ا) شفاف
ج) يتبخر بسرعة
ب) نظيف
د) حرارته النوعية عالية ✓

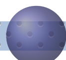
[2] هذا الرمز ∵ ينطق »بما أن« والرمز ∴ ينطق »إذن«.

8

حالات المادة



- القانون العام للغازات
- مبدأ ارخميدس
- التمدد الحراري



مقدمة

المادة قد تكون جامدة أو سائلة أو غازية، الجامدة تحتفظ بشكلها وحجمها لأن الروابط بين جزيئاتها قوية وتشبه النوابض في تأثيرها، وتتحرك جزيئاتها حركة اهتزازية موضعية. بينما السائلة تكون الروابط بين جزيئاتها أضعف ولهذا يمكن أن تنزلق جزيئاتها حول بعضها وهذا يسمح لها بأن تأخذ شكل الإناء الذي توضع فيه، لكن المادة السائلة مثل الجامدة لا يتغير حجمها بالضغط عليها. أما المادة الغازية فإن الروابط بين جزيئاتها ضعيفة جدا أو معدومة ولهذا فإنها تأخذ شكل وحجم الإناء الذي توضع فيه.

8.1 الموائع

الموائع هي المواد التي لها خاصية الجريان أو الانتشار، فهي تشكل السوائل والغازات.

8.1.0.1 الكثافة

الكثافة هي الكتلة في وحدة الحجم من المادة.

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{8.1}$$

حيث ρ الكثافة وتنطق رو، m الكتلة، V الحجم

الجامد	ρ	السائل	ρ	الغاز	ρ
الحديد	7.8	الماء	1	الهواء	1.29×10^{-3}
الألمنيوم	2.7	الزئبق	13.6	الهيليوم	0.18×10^{-3}
الخشب	$0.3-0.9$	زيت الزيتون	0.92	co_2	1.98×10^{-3}

جدول 8.1: كثافة بعض المواد

8.1.0.2 الضغط

قد لا يمر علينا بضعة ساعات إلا ونسمع كلمة الضغط، فبعد كل نشرة أخبار نشاهد نشرة الأحوال الجوية والتي تتحدث عن الضغط الجوي، وإذا ذهبنا للطبيب نشاهد جهاز قياس الضغط ونسمع عن مرض الضغط المرتفع والمنخفض.

الضغط هو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات من المادة.

$$P = \frac{F}{A} \tag{8.2}$$

أي أن الضغط يزداد بزيادة القوة (الوزن)، وكذلك بنقصان المساحة التي تؤثر عليها القوة، ولهذا نجعل مساحة رأس المسمار صغيرة، ووحدة الضغط هي الباسكال $Pa=1\ N/m^2$.

مثال 8.1.50 السؤال

احسب الضغط الذي ينتج عن وضع ثقل مقداره $100N$ على سطح مساحته $2m^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F=100N$ ، $A=2m^2$

التطبيق:

$P=\frac{F}{A}$

$=\frac{100}{2}$

$=50N/m^2$

النتيجة: ضغط الجسم على السطح يساوي 50 نيوتن لكل متر مربع.



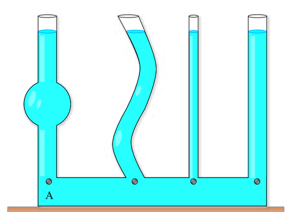
شكل 8.1: السد[2]

تغير ضغط السائل بتغير العمق عندما نسبح في الماء سواء داخل المسبح أو في البحر أو النهر نشعر بألم في آذاننا بمجرد غوصنا، وكلما زاد العمق يزداد الألم في الأذن؟! إن هذه الألم ناتج عن كمية فيزيائية تسمى ضغط السائل، وللتخلص من الألم نقفل أنوفنا باليد ثم ننفخ الهواء في أعلى الحنجرة لكي يدخل الهواء لقناة ستاكيوس ويعادل الضغط الخارجي للماء.

ضغط السائل عند نقطة هو وزن عمود السائل المؤثر على نقطة معينة.

$$P = hg\rho \tag{8.3}$$

حيث P ضغط السائل، h ارتفاع السائل، g تسارع الجاذبية الأرضية ، ρ كثافة السائل.

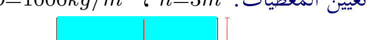


شكل 8.2: ضغط السائل عند جميع النقاط الأربعة متساوي، لأن ضغط السائل لا يتأثر بشكل الإناء وإنما بعمق السائل.

مثال 8.1.51 السؤال

أوجد ضغط الماء على نقطة في قاع مسبح عمقه $3m$ وكثافة الماء $1000kg/m^3$ ؟ (تجاهل الضغط الجوي)

الحل



تعيين المعطيات: $h=3m$ ، $\rho=1000kg/m^3$





التطبيق:

$P=hg\rho$

$=3\times9.8\times1000$

$=29400Pa$

النتيجة: ضغط الماء على قاع المسبح يساوي 29.4 كيلوباسكال.

ويزداد ضغط السائل على النقطة كلما زاد عمقها فيه، ولهذا تكون السدود سميكة من أسفلها، لأن ضغط الماء على قواعدها أكبر من الضغط على قممها.

★ ومضة

ضغط الدم الطبيعي 80 Torr الضغط الانبساطي و 120 Torr الضغط الانقباضي لعضلة القلب.

★ طرفة علمية

من السنة النبوية، التكبير عند صعود الجبال والتسبيح عند النزول منها، وهذا يفتح قناة ستاكيوس فيتعادل الضغط حول الطبلة، ولا نشعر بالألم في الأذن.

الضغط الجوي هو وزن عمود الهواء الممتد من النقطة إلى نهاية الغلاف الجوي والمؤثر على وحدة المساحات. ويعادل عند مستوى سطح البحر 1013 ملي بار أو $10kg/cm^2$ أو $100kN/m^2$ أو $760mmHg$ أو $760Torr$ ، الباسكال Pa يساوي N/m^2، لكن هذه القيمة تتأثر أيضا بدرجة الحرارة والارتفاع عن مستوى سطح البحر، ويمكن حسابه بالقانون التالي.

$$P = P_0.(1 - \frac{L.h}{T_0})^{\frac{g.M}{R.L}} \tag{8.4}$$

حيث P الضغط الجوي، P_0الضغط عند سطح البحر $101325Pa$ ، L معدل تغير درجة الحرارة مع الارتفاع $0.0065K/m$ ، h الارتفاع عن سطح البحر، T_0 درجة الحرارة عند سطح البحر $288.15K$ ، g تسارع الجاذبية الأرضية $9.80665m/s^2$ ، M الكتلة المولارية للهواء الجاف $0.0289644kg/mol$ ، R ثابت الغازات العام أو ثابت بولتزمان $8.31447J/mol.K$.

P(x)
80000
60000
40000
20000
0
0 5000 10000 15000 20000 25000 30000 35000 40000 45000

شكل 8.3: علاقة الضغط الجوي بالأرتفاع عن مستوى سطح البحر

وكما في الرسم البياني، ينخفض الضغط الجوي بزيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر، إلى أن يساوي صفر عند $44000m$ تقريبا.

★ ومضة

عندما ينخفض الضغط الجوي عن القيمة 1013 ملي بار تزداد سرعة الرياح (منخفض جوي) وإذا زادت عنها تقل سرعة الرياح (مرتفع جوي).

مثال 8.1.52 السؤال

احسب الضغط الجوي عند ارتفاع 1000 متر عن سطح البحر، ثم احسب التغير في درجة الحرارة بفعل الارتفاع عن مستوى سطح البحر ؟

الحل

تعيين المعطيات : $h=1000m$

التطبيق :

$$P=P_0.(1-\frac{L.h}{T_0})^{\frac{g.M}{R.L}}$$

$$=101325\times(1-\frac{0.0065\times1000}{288.15})^{\frac{9.80665\times0.0289644}{8.31447\times0.0065}}$$

$$=90098.297Pa$$

$$\Delta T=1000\times0.0065$$

$$=6.5^\circ K$$

النتيجة: التغير في درجة الحرارة يساوي 6.5 كالفن.

8.1.1 قوانين الغاز

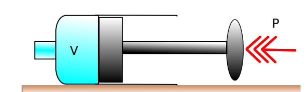
الغازات هي مواد في حالة غازية، أي أن جزيئاتها في حالة حركة انتقالية مستمرة نظرا لعدم وجود روابط بين جزيئاتها، وهذه الحركة عشوائية أو براونية[1]، وتنشأ هذه الحركة نتيجة لتصادمات جزيئات الغاز ببعضها، ووجد أن الغازات تتأثر بثلاث عوامل رئيسية هي الحجم والضغط ودرجة الحرارة، ونتيجة لدراسة هذه العوامل تم التوصل لعدة قوانين مهمة.

8.1.1.1 قانون بويل

ينص قانون بويل على أنه عند ثبوت درجة الحرارة فإن حجم غاز معين يتناسب عكسيا مع ضغطه.
مثل تغير حجم الغاز في حقنة طبية مليئة بالغاز عند ضغطها.

$$P_1V_1=P_2V_2=\text{ثابت} \tag{8.5}$$

حيث P_1,P_2 الضغط الأول والثاني للغاز، V_1,V_2 الحجم الأول والثاني للغاز



شكل 8.4: إذا أغلقنا مخرج حاقنة ممتلئة بالهواء ثم كبسناها فإن حجم الغاز سيصغر بزيادة الضغط.

مثال 8.1.53 السؤال

غاز حجمه $100cm^3$ وضغطه $101.3kPa$، أوجد ضغطه عندما نجعل حجمه $80cm^3$ مع ثبوت درجة الحرارة ؟

الحل

تعيين المعطيات : $v_1=100cm^3$ ، $P_1=101.3KPa$ ، $v_2=80cm^3$

التطبيق :

$$P_1V_1=P_2V_2$$

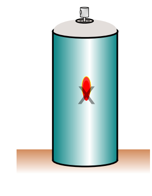
$$101.3\times100=P_2\times80$$

$$P_2=\frac{101.3\times100}{80}=126.62kPa$$

النتيجة: ضغط الغاز سيصبح 126 كيلوباسكال.

8.1.1.2 قانون شارل

ينص قانون شارلز على أنه عند ثبوت الضغط فإن حجم الغاز يتناسب طرديا مع درجة حرارته بالكالفن، وتحديدا عند زيادة درجة حرارة الغاز درجة كالفن واحدة فإن حجمه يزداد بمعدل $\frac{1}{273}$ من حجمه الأصلي.



شكل 8.5: زيادة درجة الحرارة ستؤدي لزيادة الضغط ثم الانفجار لأن الحجم ثابت.

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}=\text{ثابت} \tag{8.6}$$

[1] براون عالم نبات انجليزي لاحظ الحركة العشوائية لحبيبات اللقاح في الماء فسميت باسمه.

حيث T_1, T_2 درجة الحرارة الأولى والثانية للغاز، V_1, V_2 الحجم الأول والثاني للغاز

مثال 8.1.54 السؤال

غاز حجمه $25cm^3$ ودرجة حرارته $280K$، أوجد حجم الغاز عندما نجعل درجة حرارته $320K$ مع ثبوت الضغط ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=25cm^3$ ، $T_1=280^\circ K$ ، $T_2=320^\circ K$

التطبيق:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{25}{280}=\frac{V_2}{320}$$

$$V_2=\frac{25\times320}{280}=28.57cm^3$$

النتيجة: حجم الغاز سيصبح 28.57 سنتمتر مكعب.

8.1.1.3 القانون العام للغازات

في بويل ثبتنا درجة الحرارة وفي شارل ثبتنا الضغط، لكن ماذا نفعل إذا اردنا دراسة مثال مثل أسطوانة محرك الاحتراق الداخلي، فدرجة الحرارة متغيرة والضغط متغير والحجم متغير؟ ، يتميز القانون العام للغازات بأنه يوضح العلاقة بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة دون ثبات أحدها.

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}=\text{ثابت} \quad (8.7)$$

حيث T_1, T_2 درجة الحرارة الأولى والثانية للغاز، V_1, V_2 الحجم الأول والثاني للغاز، P_1, P_2 الضغط الأول والثاني للغاز.

مثال 8.1.55 السؤال

غاز هيليوم حجمه $50cm^3$ ودرجة حرارته $290K$ وضغطه $101.3kPa$، أوجد ضغطه عندما نجعل درجة حرارته $480K$ وحجمه $70cm^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=50cm^3$ ، $T_1=290^\circ K$ ، $P_1=101.3KPa$ ، $T_2=480^\circ K$ ، $V_2=70cm^3$

التطبيق:

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$\frac{101.3\times50}{290}=\frac{P_2\times70}{340}$$

$$P_2=\frac{101.3\times50\times480}{290\times70}=119.76Pa$$

النتيجة: الضغط الناتج سيكون 119.76 باسكال.

8.1.1.4 قانون الغاز المثالي

الغاز المثالي هو نموذج لغاز افتراضي (غير موجود) وضعه ماكسويل وبولتزمان لتسهيل دراسة الغازات، ويُفترض أن المسافات بين جزيئاته كبيرة نتيجة انخفاض ضغطه، وتتحرك جزيئاته عشوائيا وتتصادم ببعضها تصادما مرنا. وتزداد دقة نتائج الغاز الحقيقي الموجود في حياتنا كلما زادت درجة حرارته وانخفض ضغطه.

$$PV=KNT \quad (8.8)$$

حيث K ثابت بولتزمان ويساوي $1.38\times10^{-23}Pa.m^3/k$، و$N$ عدد جزيئات الغاز.

$$PV=nRT \quad (8.9)$$

حيث n عدد المولات، وR ثابت بولتزمان $8.31Pa.m^3/mol.k$.

- من المولات إلى عدد جزيئات $KN=nR$
- من المولات إلى كتلة $m=Mn$
حيث m الكتلة، M الكتلة المولية.

8.1.1.5 المول وعدد أفوغادرو

في بعض العمليات الفيزيائية أو الكيميائية نحتاج إلى معرفة عدد الذرات أو الجزيئات في المادة التي نتعامل معها، وطبعا لأن الجزيئات صغيرة جدا وغير مرئية لذا من المستحيل عدها كما نعد حبات البرتقال، فما الحل؟! قام العالم أفوغادرو بوضع فرضية لحل هذه المشكل.

فرضية أفوغادرو إن المول الواحد من أي مادة يحتوي على عدد ذرات أو جزيئات يساوي 6.02×10^{23} إذا كانت كتلة الكمية مساويه لعدد الكتلة بالغرام.

مثلا الكربون C_6^{12} عدد الكتلة له 12 وهذا يعني أن $12grams$ من الكربون تحتوي على عدد ذرات يساوي 6.02×10^{23} ذرة، والحديد Fe_{26}^{56} وهذا يعني أن كل $56grams$ من الحديد تحتوي على عدد أفوغادرو[2] من الذرات. وتسمى كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوغادرو من الذرات أو الجزيئات بالكتلة المولية.

مثال 8.1.56 السؤال

1- كم عدد الذرات في $100grams$ من مادة الأمونيا CH_4 ؟

الحل

تعيين المعطيات: CH_4

التطبيق:

$(1\ moles\ of\ C)\times(12grams/mole)+$
$(4\ moles\ of\ O)\times(16grams/mole)=$

$=12+64=76grams$

$N=\frac{100}{76}\times6.02\times10^{23}$

$=7.92\times10^{23}atoms$

النتيجة: عدد الذرات في مادة الأمونيا 7.92×10^{23} ذرة.

2- من المثال قبل السابق أوجد عدد مولات غاز الهيليوم إذا علمت أن الكتلة المولية للهيليوم $4g/mol$ ، ثم أوجد كتلة الغاز وعدد جزيئاته؟

الحل

تعيين المعطيات: $M=4g/mol$

التطبيق:

(عدد المولات) $PV = nRT$

$n=\frac{PV}{RT}$

$=\frac{101.3\times50\times10^{-6}}{8.31\times290}$

$n=2.1\times10^{-6}mol$

(كتلة الغاز) $m = Mn$

$=4\times2.1\times10^{-6}$

$=8.4\times10^{-6}g$

(عدد الجزيئات) $KN = nR$

$N=\frac{nR}{K}$

$=\frac{2.1\times10^{-6}\times8.31}{1.38\times10^{-23}}$

$==1.26\times10^{18}$ جزيء

النتيجة: عدد جزيئات غاز الهيليوم تساوي 1.26×10^{18} جزيء.

8.1.1.6 الطاقة الحركية لجزيئات الغاز

يمكن حساب الطاقة الحركية[3] لجزيئات مول من غاز معين بالقانون التالي

[2] أفوغادرو عالم إيطالي توفي عام 1856م.
[3] قام بحسابها الفيزيائي برنولي المتوفي عام 1782م.

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}KT \quad (8.10)$$

حيث K ثابت بولتزمان ويساوي $1.38\times10^{-23}Pa.m^3/k$، و$T$ درجة الحرارة بالكالفن.

مثال 8.1.57 السؤال

أحسب الطاقة الحركية لمول واحد من الهيليوم درجة حرارته $40^{\circ}C$ ؟ ثم احسب سرعة ذراته؟

الحل

تعيين المعطيات: He_2

التطبيق:

$$KE=\frac{3}{2}KT$$

$$=\frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}\times213$$

$$=4.409\times10^{-21}J$$

$$m=\frac{2\times4\times10^{-3}}{6.02\times10^{23}}=1.329\times10^{-26}Kg$$

$$KE=\frac{1}{2}mv^2$$

$$4.409\times10^{-21}=\frac{1}{2}\times1.329\times10^{-26}\times v^2$$

$$v=\sqrt{\frac{2\times4.409\times10^{-21}}{1.329\times10^{-26}}}=814.559m/s$$

النتيجة: الطاقة الحركية تساوي 4.409×10^{-21} جول، والسرعة 814.559 متر/ثانية.

8.2 الموائع الساكنة والمتحركة

8.2.1 الموائع الساكنة

8.2.1.1 مبدأ باسكال

قد نسمع أحيانا بأن شخصا ما دخل المستشفى بعد انفجار شريان في المخ نتيجة زيادة في ضغط الدم، فما الذي ولد هذا الضغط؟! إن القلب حين ينقبض يدفع بالدم ويضغطه في كل الشرايين من الرأس إلى الأرجل، ولأن المخ طري ولا يحتوي عضلات تحيط بالشرايين المخية لذا تنفجر إذا وصل الضغط لمقدار معين. إن هذه الظاهرة مثال على أن ضغط السائل المحصور يتوزع في جميع الاتجاهات وليس للأسفل أو الأعلى فقط، وقد تم صياغة هذه الحقيقة في مبدأ باسكال.

مبدأ باسكال ينص على أن أي تغير في الضغط المؤثر على مائع محصور يتوزع بالتساوي على جميع نقاط السائل. وبالتالي لا يتأثر ضغط المائع بشكل الإناء الذي يوضع فيه.

إن أعظم مثال تطبيقي على مبدأ باسكال هو الأنظمة الهيدروليكية التي حسنت وسهلت الحياة من حولنا، إنها من يحرك ذيل الطائرة وجناحها، ومن يشغل المكابح فيها وفي السيارة، وهي من تعتمد عليها الجرافات والمعدات الثقيلة. إن أرجل العنكبوت لا تحتوي عضلات ولكنها تتحرك بناء على ضخ سائل فيها وفق مبدأ باسكال.

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (8.11)$$

$$\mu=\frac{F_1}{F_2}=\frac{A_1}{A_2}$$

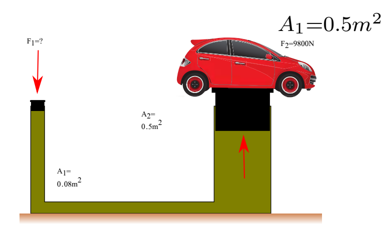
حيث F_2,F_1 القوة المؤثرة والقوة الناتجة، و A_1,A_2 مساحتي المقطع العرضي للمكبس الأول والثاني، μ الفائدة الميكانيكية، 1 المكبس الكبير، 2 المكبس الصغير.

مثال 8.2.58 السؤال

احسب القوة المؤثرة اللازم التأثير بها على مكبس رافعة هيدروليكية مساحته $0.08m^2$ لرفع سيارة وزنها $9800N$ موضوعة على المكبس الآخر الذي مساحته $0.5m^2$ ؟ ثم احسب الفائدة الميكانيكية للرافعة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F_1{=}9800N$ ، $A_2{=}0.08m^2$ ، $A_1{=}0.5m^2$



التطبيق:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{(القوة)}$$

$$\frac{9800}{0.5} = \frac{F_2}{0.08}$$

$$F_2 = \frac{9800 \times 0.08}{0.5}$$

$$= 1568N$$

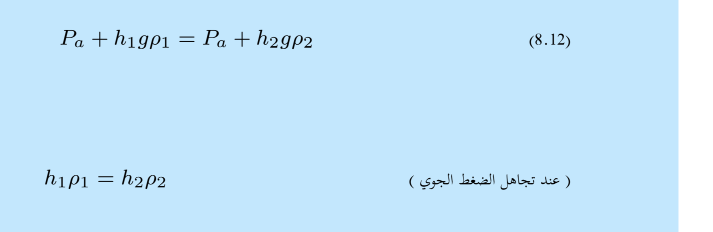
$$\mu = \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{(الفائدة الميكانيكية)}$$

$$\mu = \frac{9800}{1568}$$

$$= 6.25$$

النتيجة: القوة المؤثرة على مكبس الرافعة الهيدروليكية تساوي 1568 نيوتن، والفائدة الميكانيكية 6.25 (من 100) أي غير جيد.

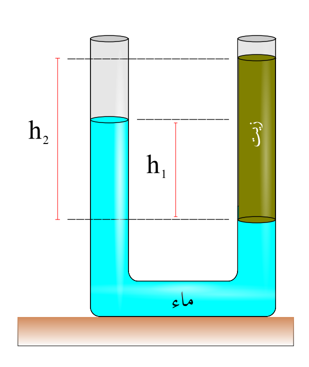
8.2.1.2 السوائل في الأنابيب المتشعبة



$$P_a + h_1 g \rho_1 = P_a + h_2 g \rho_2 \quad (8.12)$$

$$h_1 \rho_1 = h_2 \rho_2 \quad \text{(عند تجاهل الضغط الجوي)}$$

حيث h الارتفاع، P_a الضغط الجوي، g تسارع الجاذبية الأرضية، ρ الكثافة.



شكل 8.6: مستوى السائل الأقل كثافة يكون أعلى من مستوى السائل الأكبر كثافة.

مثال 8.2.59 السؤال

احسب ارتفاع الزيت الذي كثافته $800Kg/m^3$ ، إذا وضع مع الماء في أنبوب متشعب، علما أن ارتفاع الماء $10cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\rho_1{=}800Kg/m^3$ ، $\rho_2{=}1000Kg/m^3$ ، $h_2{=}10cm$

التطبيق:

$$h_1\rho_1 = h_2\rho_2$$

$$h_1 = \frac{h_2 \times \rho_2}{\rho_1}$$

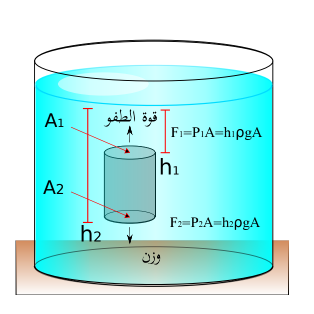
$$= \frac{10 \times 1000}{800}$$

$$= 12.5cm$$

النتيجة: ارتفاع الزيت في الأنبوب المتشعب 12.5 سنتمتر.

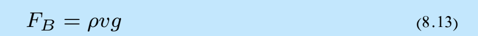
8.2.1.3 قوة الطفو

عندما نصطاد سمكة كبيرة أثناء الغوص فإننا نشعر أنها خفيفة، لكن بمجرد إخراجها من الماء نشعر بثقلها؟! ، أيضا ما الذي يجعل السفن الضخمة تطفو على الماء؟! وما الذي يحمل مناطيد الهيليوم في الهواء؟ إن الماء يؤثر على الأجسام الموجودة فيه بقوة تدفعها للأعلى وتسمى هذه القوة بقوة الطفو، وكذلك كل الموائع (السوائل والغازات) تؤثر بقوة طفو على كل ما يوضع فيها،



شكل 8.7: مبدأ أرخميدس

مبدأ أرخميدس إن الجسم المغمور في مائع تؤثر عليه قوة طفو رأسية إلى أعلى تساوي وزن المائع المزاح.



$$F_B = \rho v g \qquad (8.13)$$

حيث F_B قوة الطفو، ρ كثافة السائل، v حجم السائل المزاح، g تسارع الجاذبية الأرضية.

وعند وضع الجسم في المائع (السائل والغاز) فإن له ثلاث حالات:
- عندما يكون وزن الجسم $W_g >$ قوة الطفو $F_B \Leftarrow$ ينغمر الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم $<$ قوة الطفو $\Leftarrow$ يطفو الجسم.
- عندما يكون وزن الجسم $=$ قوة الطفو $\Leftarrow$ يتعلق الجسم.

كيف نحسب قوة الطفو عمليا؟
بطريقتين:

- نقوم بوزن الجسم في الهواء، ثم نقوم بوزن الجسم داخل السائل (الوزن الظاهري)، وبطرح الوزنين نحصل على قوة الطفو : $F_{\text{الطفو}} = F_{\text{الوزن}} - F_{\text{الظاهري}}$.
- نقوم بوضع الجسم في إناء الإزاحة الممتلئ تماما بالماء، ثم نقوم بوزن السائل المزاح، فيكون هذا الوزن مساوي لقوة الطفو.

⋆ **طرفة علمية**

يمكن تذكر قصة ارخميدس مع تاج الإمبراطور، أو قصة الزبير بن العوام في حرب الحبشة، حيث ربط على ظهره قربة جلدية ممتلئة بالهواء ليعبر النهر.

مثال 8.2.60 السؤال

إذا ألقي مكعب حجمه $2m^3$ من مادة كثافتها $2.3\times10^3 kg/m^3$ في حوض ماء، فهل سيطفو أم سينغمر في الماء؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=2cm^3$ ، $\rho=2.3\times10^3 Kg/m^3$

التطبيق:

$F_{\text{وزن المكعب}} = \rho_{\text{المكعب}}\, vg$

$=2.3\times10^3\times2\times9.8=45080N$

$F_{\text{قوة الطفو}} = \rho_{\text{الماء}}\, vg$

$=1\times10^3\times2\times9.8=19600N$

النتيجة: بما أن قوة الطفو $19600N$ أصغر من وزن المكعب $45080N \Leftarrow$ المكعب سينغمر.

وقوة الطفو تتأثر بكثافة السائل المزاح ρ_L وكثافة الجسم ρ_O ولهذا:

$$\frac{V_L}{V_o} = \frac{m_L\times\rho_O}{m_O\times\rho_L}$$

الوزن النوعي هو نسبة كثافة الجسم إلى كثافة السائل المزاح (الماء عادة).

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\rho_O}{\rho_W}$$

وهو القانون الذي يعمل عليه جهاز قياس كثافة السائل المسمى الهيدرومتر.

مثال 8.2.61 السؤال

رجل يسبح في الماء العذب، احسب كثافته إذا كان الجزء المغمور منه 85% ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\rho_w=1000kg/m^3$

التطبيق:

$\text{الوزن النوعي} = \frac{\rho_O}{\rho_W}$

$0.85=\frac{\rho_o}{1000}$

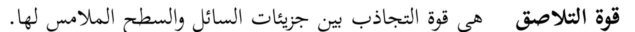
$\rho_o=0.85\times1000=850kg/m^3$

النتيجة: متوسط كثافة جسم الرجل 850 كيلوغرام/متر مكعب.

8.2.1.4 القوى داخل السوائل

يوجد قوتين تربط جزيئات السائل بما يحيط بها من جزيئات :

قوة التماسك هي قوة التجاذب بين جزيئات السائل.



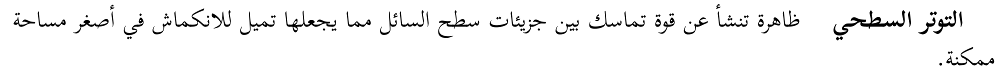
قوة التلاصق هي قوة التجاذب بين جزيئات السائل والسطح الملامس لها.

عندما تكون قوى التماسك أكبر من قوة التلاصق نلاحظ أن سطح السائل يميل للتحدب ويضعف التصاقه بالأسطح التي تلامسه مثل الزئبق وتسبب هذه القوة لزوجة السوائل، وعندما تكون قوى التلاصق أكبر فإن سطح السائل يميل للتقعر والالتصاق بالسطح الملامس له وتسبب هذه القوة ارتفاع السوائل في الأنابيب الشعرية.

شكل 8.8: قوة التماسك والتلاصق

⋆ طرفة علمية

يقوم جنود البحرية بقذف جسم صلب إلى الماء قبل قفزهم من مكان مرتفع لإضعاف قوة التماسك بين جزيئات سطح الماء فتخف شدة اصطدامهم به.



التوتر السطحي ظاهرة تنشأ عن قوة تماسك بين جزيئات سطح السائل مما يجعلها تميل للانكماش في أصغر مساحة ممكنة.

إن التوتر السطحي مفيد للنباتات فهو يساعدها على رفع الماء من الجذور إلى الأوراق، كذلك تحتوي رئتي الإنسان على ملايين الحويصلات الهوائية التي يصل قطرها $0.1mm$ وتحتوي هذه الحويصلات سائلا مخاطيا له توتر سطحي يزداد أثناء الشهيق لاتساع مساحة السطح مما يجعل الحويصلات تنقبض بسرعة أثناء الزفير فيطرد Co_2 بسرعة. ويقاس التوتر السطح بوحدة N/m ويرمز له بالرمز غاما γ .

المادة	γ	المادة	γ	المادة	γ
الماء $0^{\circ}C$	0.0756	الزئبق	0.465	الذهب $1070^{\circ}C$	1
الماء $100^{\circ}C$	0.0589	الدم	0.058	الهيليوم $-269^{\circ}C$	0.00012

جدول 8.2: التوتر السطحي لبعض المواد

مثال 8.2.62 السؤال

احسب ضغط الهواء داخل فقاعة صابون نصف قطرها $0.2mm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=0.2\times10^{-3}m$ ، $\gamma=0.037N/m\times10^{-3}m$

التطبيق:

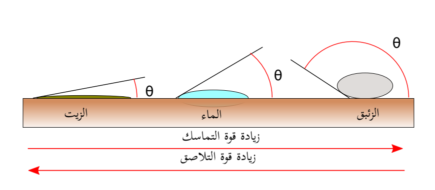
$$P=\frac{4\gamma}{r}$$

$$=\frac{4\times0.037}{0.2\times10^{-3}}=740Pa$$

النتيجة: الضغط داخل فقاعة الصابون 740 باسكال.

الخاصية الشعرية هي ظاهرة ارتفاع أو انخفاض السائل في الأنابيب الرفيعة (الشعرية).

عندما تسقط قطرة من الماء على الورق فإنها تصبح مسطحة بينما لو سقطت على سطح دهني أو شمعي فإنها تتكور؟! إن قوة التلاصق بين السوائل والأسطح المختلفة تؤدي إلى تغير في تحدب سطح السائل أو تكوره، فكلما كانت قوة التلاصق بينهما أكبر كلما كان سطح السائل يميل للاستواء وكلما كانت قوة التلاصق أصغر كلما مال سطح السائل للتحدب. كما تؤدي قوة التلاصق إلى الارتفاع أو التسلق في الأنابيب الشعرية، ويتناسب ارتفاع السائل في الأنابيب الشعرية عكسيا مع زاوية الاتصال.



شكل 8.9: زاوية الاتصال

زاوية الاتصال هي الزاوية المحصورة بين السطح الموضوع عليه السائل وسطح السائل الذي يلامسه.

المادتين	θ	المادتين	θ
زئبق - زجاج	140°	ماء - بارافين	107°
ماء - فضة	90°	كيروسين - زجاج	26°

جدول 8.3: زاوية الاتصال أو التماس

مثال 8.2.63 السؤال

احسب الارتفاع الذي تصل له عصارة الغذاء القادم من جذور شجرة نصف قطر الأنابيب الشعرية بها $2.5\times10^{-5}m$ إذا علمت أن كثافة العصارة $1050kg/m^3$ والتوتر السطحي له $0.0728N/m$ وزاوية الاتصال 5° ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\rho=1050kg/m^3$ ، $\gamma=0.0728N/m\times10^{-3}m$

التطبيق:

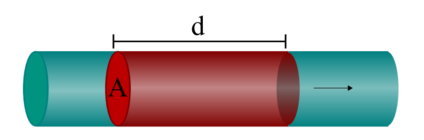
$$h=\frac{2\gamma cos\theta}{\rho gr}$$

$$=\frac{2\times0.0728\times cos\,5}{1050\times9.8\times2.5\times10^{-5}}=0.56m$$

النتيجة: الارتفاع الذي يصل له السائل في الشجرة بتأثير الخاصية الشعرية يساوي 0.56 متر.

لقد وجدنا في نتيجة المثال السابق أن الخاصية الشعرية تجعل العصارة ترتفع إلي ارتفاع نصف متر، لكن معظم الأشجار أطوالها أكثر من ذلك بكثير، فكيف تستطيع الأشجار رفع العصارة لارتفاع $30m$ مثلا؟! لا توجد إجابة دقيقة على هذه السؤال، لكن يعتقد أن هناك عدة ظواهر فيزيائية تساعد النبتة على القيام بذلك، منها الخاصية الشعرية، ومنها الخاصية الأسموزية في الجذور والتي تعمل كمضخة تنقل السائل من التربة إلى الجذر، وأيضا ظاهرة التفريغ (اختلاف الضغط)، حيث يتبخر الماء من الأوراق في عملية النتح مما يولد انخفاضا في ضغط السائل في منطقة الأوراق التي توجد في الجزء العلوي من الشجرة، فيرتفع السائل من الجزء السفلي للشجرة لمعادلة الضغط في أعلاها.

8.2.2 الموائع المتحركة



شكل 8.10: تدفق السائل

تتحرك السوائل غالبا في الأنابيب، ولهذا يعبر عن معدل التدفق بحجم السائل المار في الأنبوب خلال وحدة الزمن بالمعادلة $Q=V/t$ ، وحيث أن شكل السائل داخل الأنبوب أسطواني وحجم الأسطوانة $V=Ad$ لذا يصبح التدفق:

$$Q=\frac{Ad}{t}=A\frac{d}{t}=Av$$

مثال 8.2.64 السؤال

قلب الإنسان يضخ $5L/min$ ، احسب متوسط الدم الذي يضخه خلال 60 سنة؟

الحل

تعيين المعطيات: $Q=5L/min=\frac{5}{1000\times60}=8.33\times10^{-5}m^3/s$

$t=60years=1.89\times10^9s$

التطبيق:

$$Q=\frac{V}{t}$$

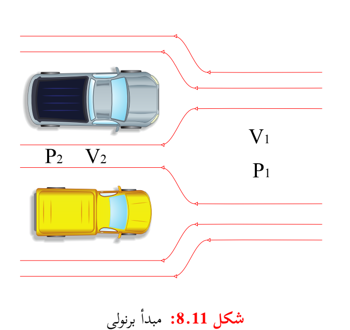
$$V=8.33\times10^{-5}\times1.89\times10^9$$

$$=157437m^3$$

النتيجة: متوسط كمية الدم التي يضخها القلب تساوي 157 ألف متر مكعب.

8.2.2.1 مبدأ برنولي

عندما يتدفق مائع من منطقة أو أنبوب عريض إلى منطقة أو أنبوب رفيع فإن طاقته الحركية وسرعته تزداد، لأن المائع يبذل عليه شغل لكي ينحشر في المنطقة الضيقة، وحيث أن الشغل طاقة، والطاقة لا تفنى، لذا يتحول الشغل لطاقة حركية تزيد من سرعة المائع، وفي حالة ارتفاع المائع للأعلى فإننا نضيف أيضا شغل مقاومة الجاذبية الأرضية.



شكل 8.11: مبدأ برنولي

$$W=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$$

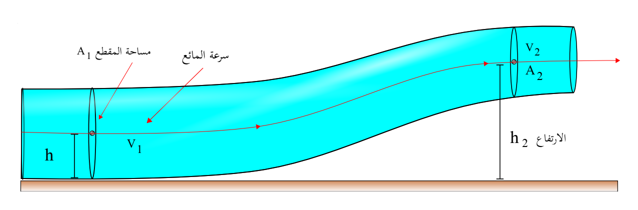
ولأن المنطقة ضيقة والمائع سريع، لذا تكون كثافة الهواء في المنطقة الضيقة منخفضة وبالتالي الضغط منخفض، وهذا يعني أن المائع المتحرك حين ينتقل من منطقة واسعة إلى منطقة ضيقة فإن سرعته تزداد $v_1<v_2$ وضغطه ينخفض $P_1>P_2$ ولهذا عند مرورنا بسيارة مسرعة نشعر بانجذابنا إليها عندما تكون موازية لنا وقريبة بشكل كاف.

⋆ **طرفة علمية**

قم بقص قطعتين من الورق $4cm\times10cm$ وضعهما أمام فمك بشكل متوازي ثم انفخ بينهما، ستفاجأ بالتصاقهما نتيجة انخفاض الضغط بينهما!؟

مبدأ برنولي إن ضغط المائع يقل كلما زادت سرعته،

وينطق مبدأ برنولي (بكسر الباء في برنولي) ، وضغط المائع بين جسمين يقل بزيادة سرعته أو سرعتهما، فحين تمر سفينتين بجانب بعضهما ينخفض ضغط الماء بينهما ويصبح أقل من ضغطه في الجهة الأخرى، فتندفع السفينتان إلى الداخل وتصطدم ببعضهما، لذا يجب ترك مسافة مناسبة بينهما، وينطبق هذا الأمر على الطائرات حيث يجب ترك مسافة بينها وإلا تجاذبت بفعل انخفاض الضغط بينها.



شكل 8.12: تدفق السائل في الأنبوب

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\rho gh_1=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\rho gh_2 \tag{8.14}$$

$$\rho A_1V_1=\rho A_2V_2$$

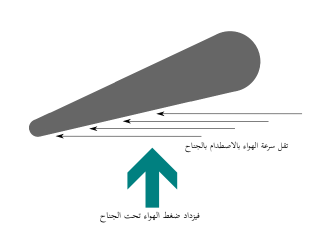
$$Q=Av$$

حيث P ضغط السائل، و ρ كثافة السائل، و v سرعة السائل، h الارتفاع عن سطح الأرض، A مساحة المقطع، Q كمية السائل المنساب.

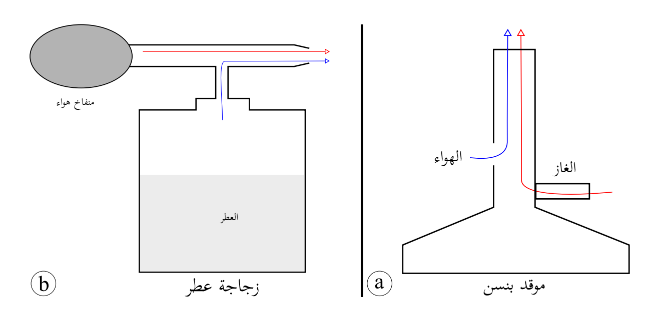
والمعادلة السابقة تسمى معادلة برنولي، أما إذا كان طرفي الأنبوب عند مستوى واحد $h_1=h_2$ فإن المعادلة تسمى مبدأ برنولي:

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\cancel{\rho gh_1}=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\cancel{\rho gh_2}$$

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$



شكل 8.13: مبدأ برنولي



شكل 8.14: تطبيقات على مبدأ برنولي

بعض التطبيقات على مبدأ برنولي ويستفاد من هذه الظاهرة التي يوضحها مبدأ برنولي، في صنع بعض بخاخات العطورات وكذلك في عملية رش الأصباغ الملونة في تلوين المنازل فحين يندفع الهواء بسرعة داخل الأنبوب ينخفض الضغط ويصبح اقل منه في زجاجة العطر، فيندفع العطر من منطقة الضغط المرتفع (الزجاجة) إلى منطقة الضغط المنخفض (الأنبوب). كما تستخدم في مضخة الفولترين الكهربائية الخاصة بمرضى الربو شفاهم الله، حيث يمر بخار الماء بسرعه فوق عبوة الفولترين حاملا الفولترين إلى الرئتين. وفي موقد بنسن يندفع الغاز بسرعة إلى داخل الأنبوب فينخفض الضغط وهذا يجعل الهواء يندفع للأنبوب بفعل اختلاف الضغط.

مثال 8.2.65 السؤال

أثرنا بقوة مقدارها $2N$ على مكبس حقنة طبية، مساحة مقطعه $2.5\times10^{-5}m^2$ وكان السائل يخرج من الطرف الآخر إلى الهواء الذي ضغطه $1atm$، والحقنة موضوعه بشكل أفقي، وكثافة الماء $1\times10^3kg/m^3$ واعتبر أن سرعة المكبس الأول تقارب الصفر، احسب سرعة خروج السائل؟[13]

الحل

تعيين المعطيات: $F=2N$ ، $A_1=2.5\times10^{-5}m^2$

التطبيق:

$$\because h_1=h_2$$

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2+\cancel{\rho g h_1}=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2+\cancel{\rho g h_2}$$

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$v_2=\sqrt{v_1^2+\frac{2(P_1-P_2)}{\rho}}$$

ونتجاهل الضغط الجوي لأنه يؤثر من الجهتين

$$P_1-P_2=(\frac{F}{A_1}+P_{atm})-(P_{atm})$$

$$=\frac{F}{A_1}$$

$$=\frac{2}{2.5\times10^{-5}}=8\times10^4Pa$$

$$v_2=\sqrt{0+\frac{2\times8\times10^4}{1\times10^3}}=12.6m/s$$

النتيجة: سرعة خروج السائل من الحقنة الطبية 12.6متر/ثانية.

8.2.2.2 خطوط الانسياب ونقطة الانفصال

حين نمرر الهواء لاختبار انسيابية جسم ما مثل الطائرة أو السيارة فإن هذه الخطوط إما أن تكون متوازية وفي هذه الحالة نقول أن التدفق منتظم، أو تكون خطوط على شكل دوامات وفي هذه الحالة نقول أن التدفق مضطرب، ويكون تدفق المائع منتظم إذا كان:

1) لا يوجد احتكاك بين طبقات المائع.

2) معدل تدفق المائع ثابت في جميع نقاط مساره.

3) سرعة المائع لا تساوي صفر عند أي نقطه في مساره.

4) لا يحتوي على دوامات.

في حالة التدفق المنتظم فإن خطوط الانسياب تتقارب من بعضها كلما زادت سرعة المائع وقل ضغطه، والعكس صحيح حيث أن تباعد خطوط الانسياب عن بعضها دليل على انخفاض سرعة المائع وزيادة ضغطه.

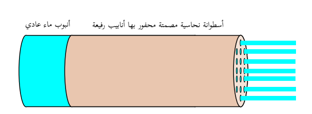
أما نقطة الانفصال فهي النقطة التي ينعكس فيها اتجاه الضغط، فعند اختراق مقدمة السيارة للهواء فإنها تشتت أو تبعد جزيئات الهواء بعيدا عن جسم السيارة باتجاه الأعلى، لكن هذا الهواء لا يلبث أن يعود ضاغطا على سطح السيارة، وتسمى النقطة التي يعود عندها ضغط الهواء على سطح السيارة بنقطة الانفصال، وتحدد بأنها النقطة التي يبدأ عندها انحدار الجسم إلى الأسفل، مثلا هي في السيارة عند نهاية سقف السيارة وبداية انحدار زجاجها الخلفي، وللتخلص من هذا الضغط يعمد صانعو السيارات الحديثة إلى تقصير طول الجزء الواقع بعد نقطة الانفصال.

شكل 8.15: خطوط الانسياب

كما يقوم صانعو كرة القدم بصنعها من قطع مضلعه تشتت الهواء مما يمنع أو يقلل من زيادة الضغط على الجزء الواقع بعد نقطة الانفصال، وفي الطائرات المدنية يعمد صانعوها إلى جعل مقدمتها محدبة وليست مدببة، لتشتيت الهواء لمسافة تدفع نقطة الانفصال من منتصف الطائرة إلى ذيلها، وهو ما يحميها من التآكل والتدمير عند السرعات العالية ويوفر من الوقود.

8.2.2.3 اللزوجة

اللزوجة هي خاصية في المادة تسبب مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل مما يعيق انزلاقها.



شكل 8.16: في أنابيب المطافي يتم وضع أسطوانة تحتوي على أنابيب رفيعة لمنع إضطراب الماء، فيصل لإرتفاع كبير دون أن يتشتت لأن عدد رينولد منخفض.

(رقم رينولد)

$$N_R = \frac{\rho v r}{\eta}$$

$$v_{\text{الجسم}} = \frac{2r_s^2(\rho_s - \rho)g}{9\eta} \qquad (8.15)$$

حيث N_R رقم رينولد، η معامل اللزوجة وتنطق ايتا، A مساحة السطح، v سرعة انزلاق السائل، r نصف قطر السائل الاختباري الذي ندرس عدد رينولد فيه (أو الأنبوب)، ρ_s كثافة الجسم، ρ كثافة المائع، r_s نصف قطر الجسم.

N_R	الوصف	N_R	الوصف
0−10	طبقي مثالي	2001−2999	متردد
11−2000	طبقي	3000≤	مضطرب

جدول 8.4: رقم رينولد في الأنابيب[11]

الوحدة الشائعة للزوجة هي البواز $poise$ وتساوي $1\,Pl{=}0.1\,N.s/m^2{=}1\,Pa.s$ ، مثلا لزوجة الزيت $0.99\,Pl$ ، ونستخدم رقم رينولد (ليس له وحدة) في معرفة مدى اضطراب السائل، كما في الجدول للأنابيب، بينما في البحار والبحيرات يكون الرقم 300 ألف، وقطر السائل r هو قطر الأنبوب، أما في البحار والبحيرات فنأخذ أي رقم بين 15 - 100متر لحساب اضطراب الماء حول الغواصات مثلا، وكلما نقص قطر الأنبوب قل عدد رينولد وقل الاضطراب.

درجة الحرارة	الهواء	الماء
$0^{\circ}C$	$171\mu p$	$1.792cp$
$20^{\circ}C$	$181\mu p$	$1.005cp$
$40^{\circ}C$	$190\mu p$	$0.656cp$
$100^{\circ}C$	$218\mu p$	$0.284cp$

جدول 8.5: معامل لزوجة الهواء والماء، لاحظ لزوجة الهواء تزداد بارتفاع درجة الحرارة. [18]

مثال 8.2.66 السؤال

ملئنا جالوننا بماء السيل الذي يحتوي على الطمي، كم الزمن اللازم لترسيب جميع الطين في اسفل الجالون حيث متوسط أنصاف أقطار حبات الطمي $18\mu m$ وكثافتها $2100Kg/m^3$ ولزوجة الماء $1mPl$ وارتفاع الجالون $20cm$ ؟ مع إهمال السرعة الحدية

الحل

تعيين المعطيات: $r_s{=}18\mu m$ ، $\rho_s{=}2100Kg/m^3$ ، $\eta{=}1mPl$ ،

التطبيق:

$$v{=}\frac{2r_s^2(\rho_s-\rho)g}{9\eta}$$

$$=\frac{2\times(18\times10^{-6})^2\times(2100-1000)\times9.8}{9\times0.001}$$

$$=7.76\times10^{-4}m/s$$

$$t{=}\frac{d}{v}{=}\frac{0.2}{7.76\times10^{-4}}$$

$$=257.73s{=}4.29min$$

النتيجة: الزمن اللازم لترسيب جميع الطين الموجود في الماء يساوي 4.29 دقيقة تقريبا.

مثال 8.2.67 السؤال

احسب السرعة القصوى للماء بدون أن يضطرب في أنبوب قطره $10cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $d=0.1m$ ، $\rho=1000Kg/m^3$ ، $R=3000$ ، $\eta=1mPl$

التطبيق:

$$R=\frac{\rho vd}{\eta}$$

$$v=\frac{3000\times0.001}{1000\times0.1}$$

$$=0.03m/s$$

النتيجة: أقصى سرعة للماء في الأنبوب دون أن يضطرب تساوي 0.03 متر/ثانية.

من تطبيقات اللزوجة

- في الميكانيكا، إن لزوجة زيوت التشحيم في السيارات وغيرها تساعد في التبريد والحماية من التآكل.
- في الطيران، إن زيادة سرعة الطائرة تزيد لزوجة الهواء ويصبح قادرا على حمل الطائرة.
- في الطب، إن نقصان سرعة ترسيب كريات الدم الحمراء يدل على الأنيميا، والغدد المخاطية في الجهاز التنفسي والهضمي تساعد على حمايته، ولزوجة الدمع تحمي قرنية العين من التآكل بسبب رمش العين المستمر.
- حماية الأرض، إن لزوجة الهواء تؤدي إلى إبطاء وحرق النيازك والشهب قبل اصطدامها بالأرض.

8.3 المواد الصلبة

8.3.1 التمدد الحراري للمواد الصلبة

إن المواد مهما كانت حالتها تزداد حركة جزيئاتها بالتسخين، وهذا يجعل المسافات بين الجزيئات تكبر باطراد مع زيادة درجة الحرارة، طبعا الزيادة في المسافات بين الجزيئات يؤدي لزيادة الحجم ونقصان الكثافة، لننظر مثلا للحليب الذي يفور أو يزداد حجمه بالتسخين، والزئبق الذي يزداد حجمه في الترمومتر، أيضا يشعر الإنسان بألم في الأسنان التي تحتوي على حشوات معدنية لأنها تتمدد عند أكل أو شرب شيء ساخن وتتقلص من الأشياء الساخنة (بالإضافة لتوصيليتها العالية للحرارة)، إن هذه الزيادة في الحجم بتأثير الزيادة في درجة الحرارة يطلق عليها التمدد الحراري.

التمدد هو عملية زيادة في حجم المادة نتيجة التغير في درجة حرارتها[4]، ويمكن أن تتمدد المواد الجامدة سواء أكانت هذه المواد لها بعد واحد مثل الأسلاك، أو لها بعدين مثل الصفائح المعدنية، أو لها ثلاثة أبعاد مثل مكعبات الحديد.



سلك معدني



صفيحة معدنية



مكعب معدني

شكل 8.17: تمدد المواد الصلبة

8.3.2 معامل التمدد الطولي (α)

معامل التمدد الطولي يساوي التغير في الطول مقسوما على الطول الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \tag{8.16}$$

[4] بعض المواد تتمدد بالتبريد مثل الجليد والبزموث والانتيمون

المادة	α	المادة	α	المادة	α
الألومنيوم	25×10^{-6}	الزجاج البايركس	3×10^{-6}	الحديد	12×10^{-6}
الزجاج العادي	9×10^{-6}	النحاس	17×10^{-6}	الذهب	14×10^{-6}

جدول 8.6: معامل التمدد الطولي لبعض المواد

مثال 8.3.68 السؤال

قطعة من الألمنيوم طولها 3.66 متر عند درجة حرارة $-28°C$ كم يزداد طول القطعة عندما تصبح درجة حرارتها $39°C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_1=3.66m$ ، $T_1=-28°C$ ، $T_2=39°C$

التطبيق:

$$\alpha=\frac{\Delta L}{L_1\Delta T}$$

$$25\times10^{-6}=\frac{\Delta L}{3.66\times(39-(-28))}$$

$$\Delta L=25\times10^{-6}\times3.66\times67$$

$$=0.006m$$

النتيجة: الزيادة في طول القطعة 0.006 متر.

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

8.3.3 معامل التمدد الحجمي (β)

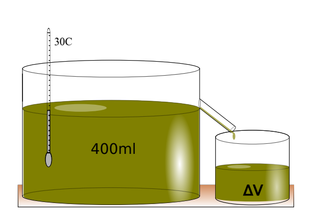
معامل التمدد الحجمي يساوي التغير في الحجم مقسوما على الحجم الأصلي والتغير في درجة الحرارة.

$$\beta=\frac{\Delta V}{V_1\Delta T} \quad (8.17)$$

وحدة التمدد الطولي والحجمي $\frac{1}{C}$ أو C^{-1} .

المادة	β	المادة	β	المادة	β
الألومنيوم	75×10^{-6}	الزجاج البايركس	9×10^{-6}	الحديد	35×10^{-6}
الزجاج العادي	27×10^{-6}	النحاس	51×10^{-6}	الخرسانة	36×10^{-6}
الزئبق	180×10^{-6}	الماء	210×10^{-6}	الهواء	3400×10^{-6}

جدول 8.7: معامل التمدد الحجمي لبعض المواد



شكل 8.18: التمدد الحجمي

مثال 8.3.69 السؤال

سائل حجمه $400ml$ ودرجة حرارته $4.4°C$، كم يزداد حجمه عندما تصبح درجة حرارته $30°C$ ، حيث معامل تمدده الحجمي $\beta=210\times10^{-6}C^{-1}$؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=400ml$ ، $T_1=4.4^{\circ}C$ ، $T_2=30^{\circ}C$

التطبيق:

$$\beta=\frac{\Delta V}{V_1\Delta T}$$

$$210\times10^{-6}=\frac{\Delta V}{400\times(30-4.4)}$$

$$\Delta V=210\times10^{-6}\times400\times25.6$$

$$=2.15ml$$

النتيجة: التغير في الحجم يساوي 2.15 ملي لتر.

أمثلة على التمدد الطولي والحجمي

- توضع مادة السيليكون الطري بين رخام المطاف في الحرم لكي لا يتفتت عند تمدده.
- تمدد الجسور ولهذا تترك فواصل على شكل فجوات صغيرة.
- ترك فراغات بين قضبان السكك الحديدية لكي لا تتقوس بالحرارة.
- زجاج الأفران والمختبرات الذي يتمدد بأقل ما يمكن.
- الثيرموستات الذي ينظم عمل البرادات والسخانات.
- تقلص النجوم عندما تبرد وتحولها لثقوب سوداء.

تمدد الماء

يختلف الماء عن بقية المواد في أن عملية تمدده وتقلصه تنعكس بين $0-4^{\circ}C$ حيث يتمدد بالتبريد ويتقلص بالتسخين أما في درجات الحرارة الأخرى فهو يتمدد بالتسخين ويتقلص بالتبريد مثل بقية المواد.

8.4 التدريبات

1- غاز حجمه $40cm^3$ ودرجة حرارته $280K$، أوجد حجم الغاز عندما نجعل درجة حرارته $350K$ مع ثبوت الضغط ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=40cm^3$ ، $T_1=280^{\circ}K$ ، $T_2=350^{\circ}K$

التطبيق:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{40}{280}=\frac{V_2}{350}$$

$$V_2=\frac{40\times350}{280}=50cm^3$$

2- عند إنشاء الأبنية المسلحة يراعى أن يكون تمدد قضبان الحديد مساوي لتمدد خليط الخرسانة، وذلك لمنع تفتت أعمدة المبنى بفعل تغير درجة الحرارة في الليل والنهار، والصيف والشتاء، احسب تمدد قضيب حديد طوله 4 أمتار عند تغير درجة حرارته من $20^{\circ}C$ إلى $40^{\circ}C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_1=4m$ ، $T_1=20^{\circ}C$ ، $T_2=40^{\circ}C$

التطبيق:

$$\alpha=\frac{\Delta L}{L_1\Delta T}$$

$$1.1\times10^{-5}=\frac{\Delta L}{4\times(40-20)}$$

$$\Delta L=1.1\times10^{-5}\times4\times20$$

3- إناء زجاجي حجمه 3 لتر، ممتلئ تماما بالجلسرين، احسب كمية الجلسرين المنسكب من الإناء نتيجة زيادة درجة حرارته 50 درجة مئوية ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=3L$ ، $\Delta T=20^{\circ}C$ ، $\beta_{\text{جلسرين}}=53\times10^{-5}{}^{\circ}C^{-1}$ ، $\beta_{\text{زجاج}}=83\times10^{-7}{}^{\circ}C^{-1}$

التطبيق:

$$\beta=\frac{\Delta V}{V_1\Delta T}$$

$$\Delta V_{\text{جلسرين}}-\Delta V_{\text{زجاج}}=(\beta_{\text{ج}}-\beta_{\text{ز}})V\Delta T$$

$$=(53\times10^{-5}-83\times10^{-7})\times3\times50$$

$$=0.078L$$

4- يبلغ قطر الشريان الأبهر (الأورطي) $2.5cm$ ، وسرعة تدفق الدم فيه $0.4m/s$ ، ويتفرع إلى 18 شريان فرعي، نفترض أن نصف قطر كل واحد منها $0.45cm$ ، احسب سرعة تدفق الدم في كل شريان فرعي ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_1=0.4m/s$ ، $r_1=1.25cm$ ، $r_2=0.45cm$

التطبيق:

مساحة المقطع $$A_1=\pi r^2$$

$$=\pi\times0.0125^2=49\times10^{-5}m^2$$

$$A_2=\pi\times0.0025^2=6.36\times10^{-5}m^2$$

التدفق $$\rho A_1V_1=\rho A_2V_2$$

$$49\times10^{-5}\times0.4=18\times6.36\times10^{-5}\times V_2$$

$$V_2=0.17m/s$$

5- وحدة ضغط الغاز هي:

ا) m/K ج) N

ب) C^{-1} د) Pa ✓

6- لماذا توجد مسافة بين السكك الحديدية .... القضبان :

ا) السماح بتقلص ج) زيادة سماكة

ب) السماح بتبريد د) السماح بتمدد ✓

7- إذا وقف شخص على رجل واحدة، فإن وزنه وضغط رجله على الأرض :

ا) ثابتان ج) الوزن يزداد والضغط ثابت

ب) الوزن ثابت والضغط يزداد ✓ د) الوزن يقل والضغط يقل

8- يعتمد المكبس الهيدروليكي على ..... :

ا) مبدأ باسكال ✓ ج) قانون نيوتن

ب) مبدأ أرخميدس د) الخاصية الأسموزية

9- الموائع هي ؟

ا) الجامد والغاز ج) الغاز والسائل ✓

ب) الجامد والسائل د) الغاز والبلازما

10- أكبر الموائع التالية لزوجة ؟

ا) العسل		ج) الماء

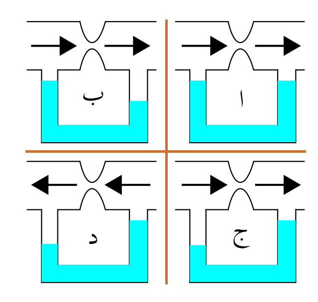
ب) اللابة ✓		د) الكحول

11- إذا كانت نسبة القوتين في طرفي مكبس هيدروليكي 3:8 فإن نسبة مساحتي طرفيه لبعضهما هي ؟

ا) 3:8 ✓		ج) 4:2

ب) 1:2		د) 1:1

12- بناء على مبدأ برنولي أي الرسومات التالية صحيح ؟ ج



13- زيت كثافته $800Kg/m^3$ ومعامل لزوجته $0.99Pl$ يتحرك في أنبوب قطره $5cm$ بسرعة $2m/s$ ، هل سيكون مضطرب أم طبقي منتظم؟ وكم حجم الزيت المتدفق في الثانية الواحدة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=2m^3$ ، $\rho=800Kg/m^3$ ، $d=0.05m$ ، $\eta=0.99Pl$

التطبيق:

$$R=\frac{\rho vd}{\eta}$$

$$=\frac{800\times2\times0.05}{0.99}$$

$$=80.8$$

$$\text{التدفق}=\frac{\pi vd^2}{4}$$

$$=\frac{\pi\times2\times0.05^2}{4}$$

$$=39\times10^{-4}m^3/s$$

حيث أن معامل رينولد 80.8 أصغر من 3000 إذا الزيت غير مضطرب أثناء حركته في الأنبوب.

14- خزان ماء مساحته $200m^2$ وعمقه $3m$ ، احسب الزمن اللازم لإفراغه باستخدام أنبوب قطره $2.5cm$ وموجود في قاعدته ؟

الحل

تعيين المعطيات: $a_1=200m^2$ ، $a_2=19.63\times10^{-4}m^2$ ، $h_0=3m$

التطبيق:

$$t=\frac{a_1}{a_2}\sqrt{\frac{2h_0}{g}}$$

$$=\frac{200}{19.63\times10^{-4}}\times\sqrt{\frac{2\times3}{9.8}}$$

$$=210\times10^6\times6.06$$

$$=\frac{79720.91S}{3600}$$

$$=22.14hours$$

15- إذا أحضرنا كوب ممتليء تمام بالماء ووضعنا دبوس على سطح الماء فإنه لا يغرق، بسبب:

ا) التوتر السطحي ✓		الأسموزية

ج) المغناطيسية

ب) الخاصية		د) الكهربائية

16- إذا أحضرنا كوب ممتليء تمام بالماء ووضعنا ورقة تغطي سطح الكوب ثم قلبناه فإن الورقة لا تسقط، بسبب:

ا) لزوجة الماء		ج) الضغط الجوي ✓

ب) التوتر السطحي		د) قوة التلاصق

17- احسب سرعة خروج البول، إذا علمت أن الضغط الأقصى لمثانة الرجل $150mmHg=19950N/m^2$ ، وسرعته الابتدائية تؤول للصفر، وكثافته $1020kg/m^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $P=19950N/m^2$ ، $v_1=0m/s$ ، $T_2=350^{\circ}K$

التطبيق:

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$(101300+19950)+0=101300+\frac{1}{2}\times1020\times v_2^2$$

$$V_2=\sqrt{\frac{19950\times2}{1020}}=6.254m/s$$

18- أغلقنا جزئيا فتحة أنبوب ماء بلاستيكي بحيث زادت سرعة اندفاع الماء من $2m/s$ إلى $15m/s$ احسب الضغط داخل الأنبوب؟

الحل

تعيين المعطيات: $P_2=1013\times10^2N/m^2$ ، $v_1=2m/s$ ، $v_2=15m/s$

التطبيق:

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$P_1=P_2+\frac{1}{2}\times\rho\times(v_2^2-v_1^2)$$

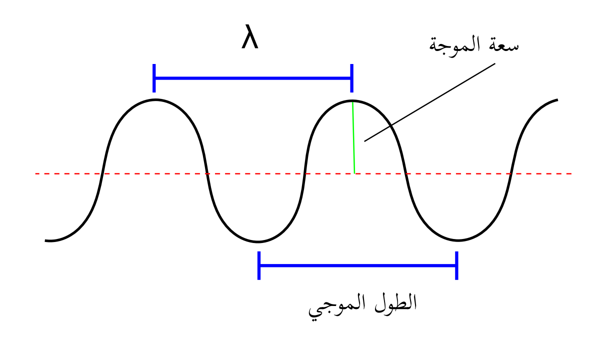
$$P_1=1013\times10^2+\frac{1}{2}\times1000\times(15_2^2-2_1^2)$$

$$P_1=1013\times10^2+1105\times10^2)$$

$$P_1=2118\times10^2Pa$$

9

الاهتزازات والموجات



- الحركة الموجية
- قانون هوك
- الموجات

مقدمة

9.1 الحركة الاهتزازية

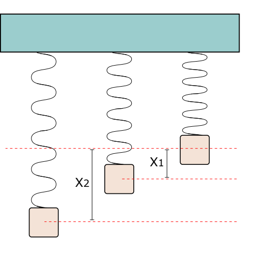
حبن نضع ايدينا على قلوبنا نشعر بالنبضات المتكررة له، وحين ننظر في المرآة نشاهد جفون عيوننا تتحرك للأعلى والأسفل في حركة متكررة، وإذا ذهبنا للبحر نشاهد سطحه يتموج في حركات متكررة، إن كل الأمثلة السابقة يطلق عليها اهتزازات، أي أن المادة تتحرك حركة متكرره بانتظام.

الحركة الاهتزازية هي حركة تتكرر في دورة منتظمة.

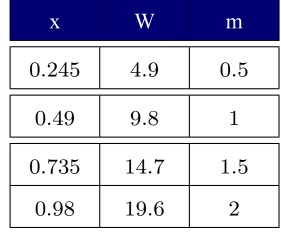
الحركة التوافقية البسيطة هي حركة تتناسب فيها إزاحة الجسم طرديا مع القوة التي تعيد الجسم لموضع اتزانه.
وتحدث الموجات الموقوفة في الأوتار ويحسب طولها الموجي بالقانون $\lambda = \frac{2L}{n-1}$ حيث n عدد العقد، L طول الوتر.

9.1.1 النابض

9.1.1.1 قانون هوك

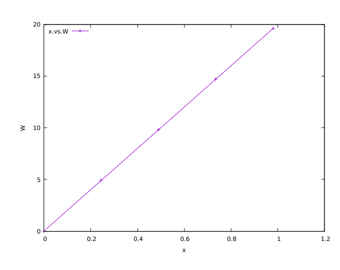


شكل 9.1: الاستطالة بتأثير القوة



x	W	m
0.245	4.9	0.5
0.49	9.8	1
0.735	14.7	1.5
0.98	19.6	2

جدول 9.1: القوة - الاستطالة



شكل 9.2: منحنى القوة - الاستطالة

عندما نعلق ثقلا W في طرف النابض فإنه يستطيل x بسبب الإجهاد الذي يؤثر على ذراته، وفي كل مرة نزيد فيها الثقل المعلق نحصل على زيادة في الاستطالة إلى أن نصل لنقطة نتجاوز فيها حد المرونة فيفقد النابض مرونته ويصبح غير قادر على العودة لوضعه الأصلي. إنّ مقدار التغير في طول النابض- الزنبرك - يتناسب تناسباً طرديًّا مع مقدار القوة المؤثرة على النابض.

$$F = -kx \tag{9.1}$$

حيث F القوة التي يؤثر بها النابض، k ثابت النابض، x الاستطالة أو الانضغاط في النابض.

مثال 9.1.70 السؤال

علقنا ثقل مقداره $2450N$ في طرف نابض فأستطال $0.5m$ ، احسب ثابت النابض؟

الحل

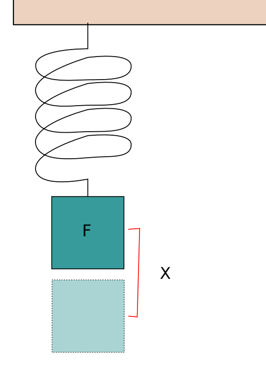
تعيين المعطيات: $F=2450N$ ، $x=0.5m$


التطبيق:

$$k = -\frac{F}{x}$$

$$= -\frac{2450}{-0.5} = 4900N/m$$

النتيجة: ثابت النابض تساوي 4900 نيوتن/متر.



شكل 9.3: قانون هوك

9.1.1.2 طاقة الوضع المرونية للنابض

إن حركة النابض للأعلى والأسفل يصاحبها تغير في طاقته الحركية وطاقته الكامنة، وكل زيادة في أحدهما يصاحبه نقصان في الآخر لأن الطاقة لا تستحدث من العدم، والذي يحصل هو أن جزءا من الطاقة الكامنة يتحول لطاقة حركية أو العكس. وتكون الطاقة الكامنة أكبر ما يمكن عند أعلى نقطة وأدني نقطة لأن $v=0$ وبالتالي الطاقة الحركية $KE=0$ ، أما الطاقة الحركية فتكون أكبر ما يمكن في منتصف مدى الحركة (نقطة الاتزان) لأن $x=0$ وبالتالي طاقة الوضع $PE=0$.

$$PE_{\text{النابض}} = \frac{1}{2}kx^2 \quad (9.2)$$

حيث PE طاقة الوضع المرونية للنابض، k ثابت النابض، x الاستطالة أو الانضغاط في النابض.
والطاقة الميكانيكية الكلية = الطاقة الحركية + طاقة الوضع المرونية

$$E = \frac{1}{2}ka^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 \quad (9.3)$$

وعند أدنى وأعلى نقطة الطاقة الحركية $KE=\frac{1}{2}mv^2=0$
حيث KE الطاقة الحركية، a السعة القصوى لحركة النابض.

مثال 9.1.71 السؤال

تم تعليق ثقل في نابض معامله $10N/m$ فكانت أقصى استطالة له $32cm$، أوجد طاقة الوضع فيه عند $32cm$ ثم احسب طاقة الوضع وطاقة الحركة عند $12cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=10N/m$ ، $x=32cm$

التطبيق: - حساب طاقة الوضع عند $32cm$:

$PE=\frac{1}{2}kx^2$

$=\frac{1}{2}\times10\times0.32^2=0.51J$

- حساب طاقة الوضع عند $12cm$:

$PE=\frac{1}{2}kx^2$

$=\frac{1}{2}\times10\times0.12^2=0.072J$

حساب طاقة الحركة عند $12cm$:

$KE_{\text{طاقة الحركة}}=PE_{32cm}-PE_{12cm}$

$=0.51-0.072=44J$

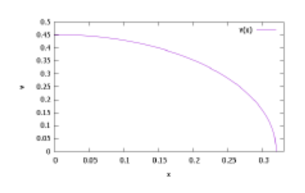
النتيجة: الطاقة الحركية للجسم عند $12cm$تساوي 44 جول.

9.1.1.3 سرعة النابض عند نقطة معينة

$$v = \pm\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{a^2 - x^2} \quad (9.4)$$

حيث v سرعة النابض، k ثابت النابض، m كتلة النابض، a السعة القصوى لحركة النابض، x الإزاحة أو الاستطالة عند النقطة الحالية.
ولحساب السرعة القصوى للنابض

$v_{\text{القصوى}}=\pm\sqrt{\frac{k}{m}}\times a$



شكل 9.4: السرعة - السعة

مثال 9.1.72 السؤال

من المثال السابق احسب سرعة النابض عند $32cm$ و $12cm$ علما أن كتلة الثقل المعلق في النابض $5kg$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m=5Kg$

التطبيق: - حساب السرعة عند $0.32m$:

$v_{\text{القصوى}}=\sqrt{\frac{k}{m}}\times a$

$=\sqrt{\frac{10}{5}}\times0.32=0.45m/s$

- حساب السرعة عند $0.12m$:

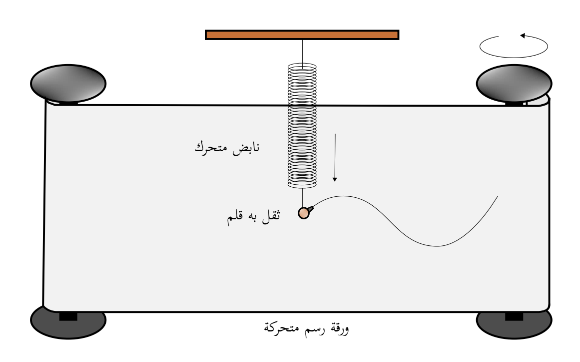
$v=\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{a^2-x^2}$

$v=\sqrt{\frac{10}{5}}\times\sqrt{0.32^2-0.12^2}$

$=0.42m/s$

النتيجة: سرعة النابض عندهما $0.45m/s$ و $0.42m/s$ على التوالي.

9.1.1.4 العلاقة بين الحركة التوافقية البسيطة والموجات



شكل 9.5: موجة النابض

حين يتحرك النابض حركة توافقية بسيطة فإنه يرسم موجة لها قمة وقاع وتعرف بموجة الجيب (Sin) وتمثل العلاقة بين الزمن والازاحة، وحركة النابض نفسه للأعلى والأسفل عبارة عن موجة طولية مكونة من سلسلة من التضاغطات والتخلخلات. ويمكن حساب سعة الموجة الناتجة بالقانون

$$x_t = X_{max} cos(\frac{2\pi t}{T}) \tag{9.5}$$

حيث X السعة القصوى، T الزمن الدوري، t الزمن المطلوب تحديد السعة عنده.

ونحسب سرعة الموجة بالقانون

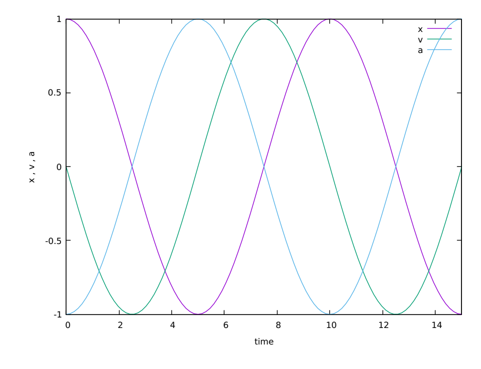
$$v_t = -v_{max} sin(\frac{2\pi t}{T}) \tag{9.6}$$

حيث v_{max} السرعة القصوى، T الزمن الدوري، t الزمن المطلوب تحديد السعة عنده.

وتكون السرعة v=0 عند أقصى سعة (إزاحة) للأعلى أو الأسفل، والإشارة السالبة لاظهار اتجاه الحركة، فالنتيجة السالبة تعني أن الجسم يتحرك عائدا لنقطة الاتزان وإذا كانت موجبة فهو يتحرك مبتعدا عنها. ونحسب تسارع الموجة بالقانون

$$a_t = -\frac{kx}{m} cos(\frac{2\pi t}{T}) \tag{9.7}$$

حيث k ثابت النابض، m كتلة النابض.



شكل 9.6: السعة والسرعة والتسارع

لاحظ في الرسم البياني أن موضع الجسم (إزاحته) في البداية كان أكبر ما يمكن (1) بينما التسارع كان أكبر ما يمكن ولكن باشارة سالبة (-1) أي أنه متجه عائدا لنقطة الاتزان، أما السرعة فكانت صفر لأن الموجة عندما وصلت لأقصى ازاحة توقفت لكي تغير اتجاهها عائدة لنقطة الاتزان.

9.1.2 البندول

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{9.8}$$

حيث T الزمن الدوري، l طول البندول، g تسارع الجاذبية الأرضية.

مثال 9.1.73 السؤال

احسب الزمن الدوري لبندول طوله $0.61m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L{=}0.61m$

التطبيق:

$$T{=}2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$={2\pi}\sqrt{\frac{0.61}{9.8}}{=}1.57s$$

النتيجة: الزمن الدوري للبندول يساوي 1.57 ثانية.



شكل 9.7: البندول

9.2 أنواع الموجات

الموجات هي انتقال للطاقة على شكل اهتزازات. فمن منا لم يشاهد ما تفعله أمواج البحر على صخور الشاطيء، إن سطح البحر يهتز على شكل موجات تحمل طاقة اكتسبتها من الطاقة الحركية للرياح، أو من حركة صفائح الأرض في ظاهرة التسونامي.

9.2.1 الموجات الميكانيكية

الموجات الميكانيكية هي موجات تحتاج لوسط مادي لانتقالها.

وتنقسم إلى:

1- الموجات الطولية هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في اتجاه مواز لاتجاه انتشار الموجه. وتتكون الموجة الطولية من تضاغطات وتخلخلات.

2- الموجات المستعرضة هي موجات تهتز فيها جزيئات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجات. وتتكون الموجة المستعرضة من قمم وقيعان.

الموجات السطحية هي موجات سطح الماء التي تهتز فيها جزيئات الوسط في الاتجاه الرأسي والأفقي معا، فموجة البحر تتحرك للأعلى والأسفل وفي نفس الوقت تتحرك باتجاه الشاطيء وترتد عنه.

من الأمثلة على الموجات الميكانيكية، اهتزاز النابض، حركة البندول، الأصوات (صوت الإنسان، صوت الآلة، ......)، الشوكة الرنانة، حركة لعبة يستخدمها الأطفال مكونة من كرتين مربوطتين بحبل وتحرك بحيث تصطدم الكرتين مصدرة صوت عال.

9.2.2 الموجات الكهرومغناطيسية

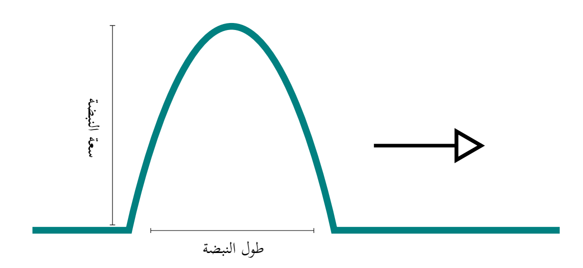
الموجات الكهرومغناطيسية هي موجات لا تحتاج لوسط مادي لانتقالها.

والموجات الكهرومغناطيسية كثيرة في حياتنا، منها موجات الهاتف الجوال، وموجات مايكرويف الطبخ، وموجات ضوء المصابيح، وموجات القنوات الفضائية، موجات الأشعة السينية X التي تستخدم لتصوير العظام المكسورة، وموجات الأشعة فوق البنفسجية التي تستخدم لتطهير المياه وأدوات الحلاقة في محلات الحلاقين، وموجات الأشعة تحت الحمراء في جهاز التحكم عن بعد، وموجات أشعة الليزر، وموجات القيزر (الغاما ليزر) المستخدمة في حرب النجوم.

9.3 خصائص الموجات

9.3.0.1 الوسط والنبضة

الوسط هو المادة التي تتحرك خلالها الموجة، مثل الهواء الذي ينتقل فيه الصوت، ويمكن أن يكون الوسط جامد أو سائل أو غاز. وعند انتقال الموجة في الوسط تتحرك جزيئاته.



النبضة هي إضطراب فردي ينتقل في الوسط.
وتتحرك النبضة باتجاه الأمام (يمين - يسار)، بينما تتحرك جزيئات الوسط للأعلى والأسفل في الموجات المستعرضة (عمودي على اتجاه النبضة)، ولليمين واليسار في الموجات الطولية (في اتجاه النبضة). ويمكننا تعريف الموجة بأنها سلسلة من النبضات.

الطول الموجي هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين أو أي نقطتين متتاليتين تتحركان بكيفية واحدة (لهما نفس الطور)، ورمزه لمدا λ.

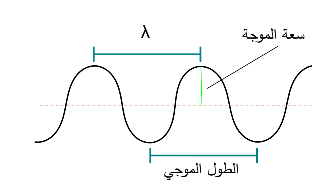
الإزاحة هي بعد الجسم المهتز في أي لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلي.

التردد هو عدد الاهتزازات التي يتمها الجسم في الثانية والواحدة، ورمزه نيو ν.

الطور هو الفرق الزاوي بين أي موجتين تتحركان على محور واحد.

الزمن الدوري هو الزمن اللازم لإتمام اهتزازه كاملة.

سعة الاهتزازة هي أقصى إزاحة تتحركها الموجة عن موضع سكونها.
أو هي المسافة بين نقطتين في مسار حركتها وتكون سرعة إحداهما أقصاها وسرعة الأخرى منعدمة، أي هي أقصى إزاحة عمودية عن مركز الاهتزازة (عمودية على اتجاه الحركة في المستعرضة، وعمودية في اتجاه الحركة في الطولية).



شكل 9.8: الطول الموجي

سرعة الموجة هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال زمن معين. ولا تعتمد على طول الموجة وسعتها وإنما على نوع الوسط الذي تنتقل فيه الموجة.

$$Tf = 1 \tag{9.9}$$

حيث T الزمن الدوري، f التردد.

$$v = \lambda f \tag{9.10}$$

حيث λ الطول الموجي، f التردد، v سرعة الموجة.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \tag{9.11}$$

حيث v سرعة الموجة في وتر، T الزمن الدوري، μ كتلة وحدة الأطوال من الوتر (الكثافة الطولية).

مثال 9.3.74 السؤال

احسب سرعة الموجة في وتر كتلة وحدة الأطوال له μ=0.015kg/m والزمن الدوري للموجة T=3s ؟

الحل

تعيين المعطيات: μ=0.015Kg/m، T=3s

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

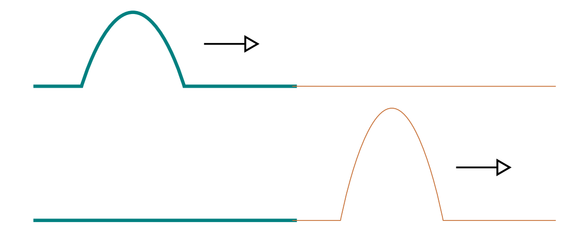
$$=\sqrt{\frac{3}{0.015}}$$

$$=\sqrt{200}=14.14m/s$$

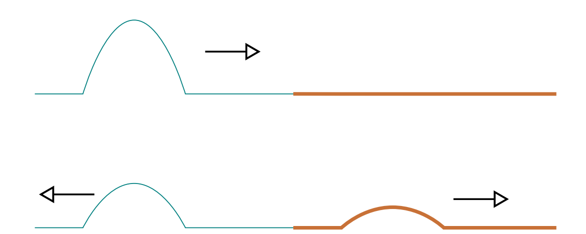
النتيجة: سرعة الموجة تساوي 14.14متر/ ثانية .

9.3.0.2 انتقال الموجات وانعكاسها

عندما تنتقل الموجة من وسط لآخر فإنها تنقسم لجزئين، الأول ينعكس ويعود والجزء الآخر ينتقل للوسط الآخر في حالتين:



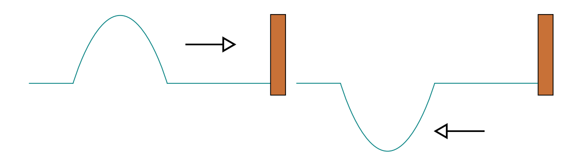
- تصبح سعة الموجة في الوسط الثاني أكبر من سعة الموجة الأصلية، إذا كانت كثافة الوسط الثاني أقل من كثافة الوسط الأول.



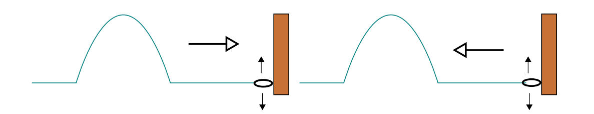
- تصبح سعة الموجة في الوسط الثاني أقل من سعة الموجة الأصلية، إذا كانت كثافة الوسط الثاني أكبر من كثافة الوسط الأول.

انعكاس الموجة عن في حبل طرفه ثابت

يكون لدينا حالتين:



- إذا كان طرف الحبل ثابت تماما فإن الموجة تنعكس منقلبة، أي عكس اتجاه قمة الموجة الأصلية.



- إذا كان طرف الحبل معلق بحلقة (حرة) تتحرك للأعلى والأسفل، فإن الموجة تنعكس دون أن تنقلب، أي في نفس اتجاه قمة الموجة الأصلية.

9.3.0.3 شدة الموجة وطاقتها

قد تكون الموجات ضعيفة وبسيطة غالبا، لكنها تكون عاتية ومدمرة في أحيان أخرى، فمن منا لم يشاهد ما تحدثه الموجات الزلزالية من دمار، أو تسببه أمواج البحر العاصف من تخريب. إن شدة الموجة تتأثر بالمساحة التي تؤثر عليها وزمن تأثيرها .

شدة الموجة هي قدرة الموجة المؤثرة على وحدة المساحات.
وتحسب بالقانون

$$I = \frac{P}{A} \tag{9.12}$$

حيث I شدة الموجة، P القدرة، A مساحة السطح الذي تؤثر عليه الموجة.

مثال 9.3.75 السؤال

احسب كمية الطاقة الساقطة من ضوء الشمس على سطح مساحته $2.5m^2$ خلال $6hours$ ، حيث متوسط الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض $700W/m^2$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $A{=}2.5m^2$ ، $t{=}6h$ ، $I{=}700W/m^2$

التطبيق:

$t{=}6{\times}3600{=}21600s$

$\because P{=}IA{=}\frac{E}{t}$

$\therefore E{=}IAt$

${=}700{\times}2.5{\times}21600$

${=}3.78{\times}10^7 J$

النتيجة: كمية الطاقة الساقطة تساوي $3.78{\times}10^7$ جول.

9.4 التدريبات

1- أثرت قوة مقدارها $12N$ على نابض فأحدثت به استطالة مقداره $15cm$، فما هي القوة اللازمة لإحداث استطالة مقدارها $75cm$ على السلك ؟ [14]

الحل

تعيين المعطيات: $F_1=12N$ ، $x_1=15cm$ ، $x_2=75cm$

التطبيق:

$$\frac{F_1}{x_1}=\frac{F_2}{x_2}$$

$$\frac{12}{15}=\frac{F}{75}$$

$$F=\frac{12\times75}{15}$$

$$=60N$$

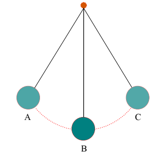
2- وحدة التردد هي:

ا) Hz ✓
ب) m/s
ج) s
د) m

3- جسم يهتز 60 مرة خلال 20 ثانية ، احسب تردده بالهيرتز :

ا) 3 ✓
ب) 40
ج) 80
د) 1200

4- إذا انتقل الجسم من B إلى C في الشكل، فإن طاقة الوضع:



ا) تزداد ✓
ب) تقل
ج) تبقى ثابته
د) تساوي صفر

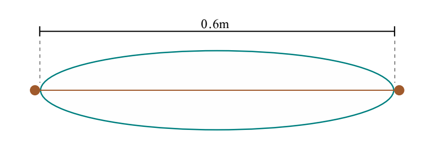
5- تشترك موجات الراديو والمايكرويف في جميع الخصائص عدا:

ا) تساويهما في الطول الموجي ✓
ب) أنها موجات كهرومغناطيسية
ج) أنها تنتقل في الفراغ
د) أنها تنتقل في الهواء

6- أشعة غاما عبارة عن :

ا) موجات كهرومغناطيسية ✓
ب) الكترونات
ج) جسيمات الفا
د) موجات طولية

7- كم الطول الموجي للوتر في الرسم التالي :



ا) $1.2m$ ✓
ب) $0.6m$
ج) $3.6m$
د) صفر

8- الطول الموجي لموجة ترددها $50Hz$، وتسير بسرعة $100m/s$ ؟

ا) $2m$ ✓
ب) $150m$
ج) $0.5m$
د) $50m$

9- أي الترددات التالية لها الطاقة الأعلى:

ا) $25\times10^{12}Hz$ ✓
ب) $35\times10^{8}Hz$
ج) $10\times10^{11}Hz$
د) $8\times10^{12}Hz$

10- احسب الطول الموجي لموجة ترددها $25Hz$ ؟

ا) $0.04m$ ✓
ب) $25m$
ج) $12.5m$
د) $100m$

11- احسب تردد نابض يهتز 60 اهتزازة خلال $30s$ ؟

$f=\frac{\text{عدد الاهتزازات}}{t}$

ا) $2Hz$ ✓
ب) $90Hz$
ج) $30Hz$
د) $1800Hz$

12- في الموجات الكهرومغناطيسية :

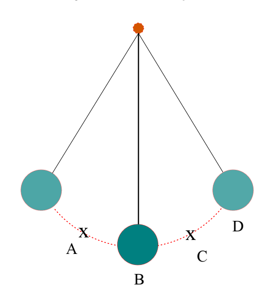
ا) يقل التردد بزيادة الطول الموجي ✓
ب) يزداد التردد بزيادة الطول الموجي
ج) يزداد الطول الموجي بزيادة طاقتها
د) يقل التردد بزيادة طاقتها

13- إذا كان طول البندول يساوي تسارع الجاذبية الأرضية، فإن زمنه الدوري يساوي؟ $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

ا) $0.5\pi s$ ج) $2\pi s$ ✓

ب) πs د) $1.5\pi s$

14- عند أي نقطة تكون سرعة البندول صفر ؟ D



15- ركب شخص كتلته $75Kg$ في السيارة فانخفضت بمقدار $2cm$ ، احسب (متوسط) ثابت نظام النوابض الموجودة في السيارة؟

الحل

تعيين المعطيات: $m{=}75kg$ ، $x{=}2cm{=}0.02m$

التطبيق:

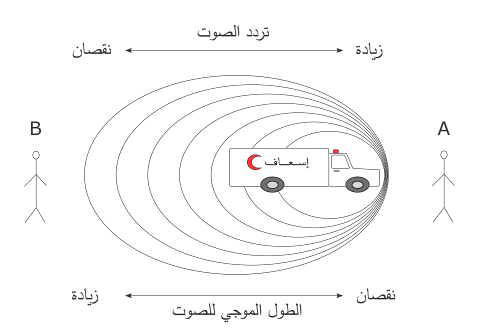
$$F{=}{-}kx$$

$$k{=}{-}\frac{74\times9.8}{-0.02}$$

$$={36750}N/m$$

10

الصوت



- خصائص الصوت
- تأثير دوبلر
- الرنين في الأوتار والأنابيب



مقدمة

سبق لنا أن درسنا الموجات الطولية التي تهتز جزيئات الوسط فيها في اتجاه موازٍ لاتجاه انتشار الموجة. والصوت هي أهم مثال لها، ولهذا أي صوت نسمعه سواء كان صوت مرتفع أو منخفض، أو صوت إنسان أم حيوان أم جماد مثل السيارة جميعها هي موجات طولية.

الصوت هو موجات طولية تهتز في نفس اتجاه انتشار الموجة وتحتاج لوسط مادي لانتقالها.
ويسير الصوت على شكل كمات تسمى فونون *phonon* وتحسب طاقة الفونون بالقانون

$$E = h\nu \quad (10.1)$$

حيث E طاقة الفونون، و h ثابت بلانك، و ν التردد.

وكما هو واضح من القانون فإن طاقة الموجة تتناسب طرديا مع تردد الموجة، وبما أن طاقة الموجة تقل تدريجيا اثناء انتقال الموجة بفعل احتكاك جزيئات الهواء فإننا سنجد أن تردد الموجة الصوتية يقل كلما ابتعدنا عن مصدر الصوت.

مثال 10.0.76 السؤال

احسب طاقة فونون موجة صوتية ترددها $12000Hz$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $h=6.625\times10^{-34}J.s$ ، $\nu=12000Hz$

التطبيق:

$$E=h\nu$$

$$=6.625\times10^{-34}\times12000$$

$$=7.95\times10^{-30}J$$

النتيجة: طاقة فونون الموجة الصوتية $7.95\times10^{-30}J$ ، لاحظ أن طاقته صغيرة جداً وهذه نعمة كبيرة، فلو كانت طاقته عالية، لما استطاع الفقير أو المريض أن يتكلم أو يسبح أو يقرأ القرآن لأن طاقة جسمه ستستنفد.

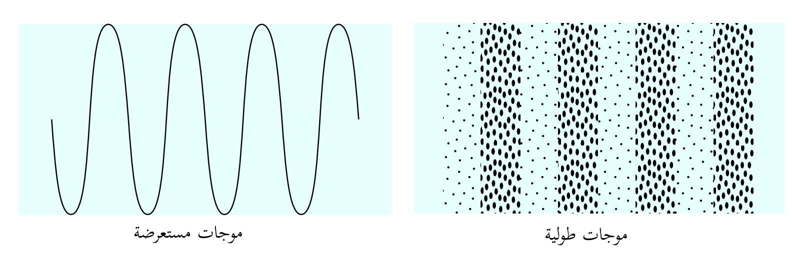
10.1 خصائص الصوت

10.1.1 الموجات الصوتية

الموجة الصوتية هي انتقال تغيرات الضغط خلال مادة.

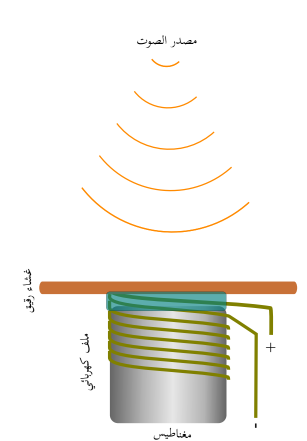
الموجة الطولية هي اهتزاز جزيئات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجات.

الموجة المستعرضة هي اهتزاز جزيئات الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجات.



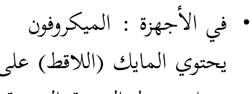
شكل 10.1: أنواع الموجات

10.1.1.1 تطبيقات على الصوت



شكل 10.2: الميكروفون

- في الطبيعة : الأذن البشرية
تقوم موجات الصوت الطولية بالضغط على طبلة الأذن فتتحرك للداخل، وهذا يحرك عظام المطرقة والسندان والركاب على التوالي، ومنها إلى الأذن الداخلية التي تحتوي عضو كورتي المسئول عن عملية السمع والذي يحتوي 15 ألف خلية شعرية سمعية.



- في الأجهزة : الميكروفون
يحتوي المايك (اللاقط) على مغناطيس يحيط به ملف كهربائي، والملف ملصق بغشاء معدني أو بلاستيكي، فإذا وصل ضغط الموجة الصوتية إلى الغشاء فإنه يهتز محركا الملف حول المغناطيس، وهذا يولد تيار كهربائي صغير تستقبله الدائرة الكهربائية للاقط، ثم تضخمه للسماعة أو تحفظه كملف wav مثلا.



10.1.1.2 حدة الصوت

حدة الصوت هي خاصية إدراكية تسمح بترتيب الأصوات حسب ترددها.

- ميرسن وجاليلو أول من توصلا إلى أن حدة الصوت تعتمد على تردد الاهتزاز.
- الإنسان العادي يسمع الترددات من 20 - 20000 هيرتز.
- عند سن 70 سنة لا يتمكن معظم الناس من سماع الترددات الأعلى من 8000 هيرتز.

وتسمى الترددات الأعلى من $20000Hz$ بالموجات فوق الصوتية $UltraSound$ والترددات الأقل من $20Hz$ بالموجات تحت السمعية $InfraSound$.

وتختلف قدرات آذان الكائنات الحية على سماع الصوت، وهذه بعض منها، فيظهر في الجدول الحد الأدنى والأعلى الذي نستطيع سماعه.

الكائن	التردد الأدنى	التردد الأعلى
الإنسان	$20Hz$	$20\,000Hz$
الكلب	$50Hz$	$45\,000Hz$
القط	$45Hz$	$85\,000Hz$
الخفاش		$120\,000Hz$
الدلفين		$200\,000Hz$
الفيل	$5Hz$	$10\,000Hz$

10.1.1.3 علو الصوت

يعتمد علو الصوت أو جهارته على سعة موجة الضغط في المقام الأول والذي يرتبط بطاقة الموجة، كما يتأثر بتردد الموجة الصوتية، ويتأثر أيضا بحساسية أذن السامع للأصوات.
مدى ضغط الصوت المسموع بالأذن البشرية :

$$2\times10^{-5}Pa - 20Pa$$

10.1.1.4 شدة الصوت

شدة الصوت هو الطاقة الصوتية المنقولة خلال وحدة المساحات في الثانية. ويقاس بوحدة W/m^2

$$Intensity = \frac{E}{t\times A} = \frac{P}{A} \tag{10.2}$$

حيث E الطاقة، t الزمن، A المساحة، P القدرة.

⋆ طرفة علمية
يمتلك حوت العنبر أعلى مستوى صوت في الكائنات الحية حيث يساوي 230 ديسيبل.

الديسبل عمليا هو كسب الجهد ويساوي $20log_{10}\frac{V_2}{V_1}$ ، أو معدل الكسب لأي شيء. ومعدل الكسب لشدة الصوت أو مستوى شدة الصوت يحسب ايضا بالعلاقة $\beta{=}10log_{10}(\frac{I}{I_0})$ حيث الشدة المرجعية $I_0{=}10^{-12}W/m^2$ ويقصد بها أدنى شدة صوت يستطيع الانسان العادي سماعها عند تردد $1000Hz$ ، ويجب أن لا نخلط بين شدة الصوت I ومستوى شدة الصوت β ، فمستوى شدة الصوت β لا يقيس شدة الصوت وإنما يعطي معدل أو نسبة شدة الصوت الحالية بالنسبة للشدة المرجعية I_0 .

الصوت	β	I	الصوت	β	I	الصوت	β	I
بداية السمع عند $1000Hz$	0	$1{\times}10^{-12}$	مكتب هاديء	05	$1{\times}10^{-7}$	إزعاج داخل مصنع	100	$1{\times}10^{-2}$
حفيف أوراق الشجر	10	$1{\times}10^{-11}$	محادثة عادية	60	$1{\times}10^{-6}$	فقد السمع بعد $30min$	110	$1{\times}10^{-1}$
همس على بعد $1m$	20	$1{\times}10^{-10}$	طريق مزدحم	70	$1{\times}10^{-5}$	حفار على بعد $2m$	120	1
منزل هادىء	30	$1{\times}10^{-9}$	حصة دراسية	80	$1{\times}10^{-4}$	محرك نفاث على بعد $30m$	140	$1{\times}10^{2}$
منزل معتدل	40	$1{\times}10^{-8}$	داخل شاحنة	90	$1{\times}10^{-3}$	انفجار طبلة الأذن	160	$1{\times}10^{4}$

جدول 10.1: شدة الصوت في بعض المواد

مثال 10.1.77 السؤال

احسب كسب الجهد الأقصى الذي نحصل عليه عند تركيبنا لسماعة جهدها الكهربائي $12V$ ، والجهد الكهربائي للاقط (المايك) $1.5V$ ؟



الحل

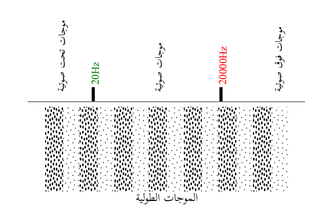
تعيين المعطيات: $V_1{=}1.5V$ ، $V_2{=}12V$

التطبيق:

$$A_v{=}20log_{10}(\frac{V_2}{V_1})$$

$$=20{\times}log_{10}(\frac{12}{1.5}){=}16.97db$$

النتيجة: إن مقدار كسب الجهد الأقصى الذي سنحصل عليه 17 ديسبل تقريبا من السماعة.



شكل 10.3: الموجات الطولية

- وحدة مستوى الصوت تسمى ديسبل db منحوتة من كلمة »ديسي« وتعني عُشر $(\frac{1}{10})$ ، وكلمة »بل« هي وحدة مستوى الصوت الأساسية ومأخوذة من اسم مخترع الهاتف جراهام بل.
- أصغر صوت يمكن سماعة بصعوبة 0 ديسبل، و 60 ديسبل هو مستوى صوت الكلام العادي.
- أعلى مستوى صوت يمكن سماعة بدون ضرر للأذن 99 ديسبل.
- التعرض المستمر لمستوى صوت 100 ديسبل أو أكبر يؤدي إلى ضرر دائم لحاسة السمع.

10.2 سرعة الصوت

تتأثر سرعة الصوت بعوامل عدة منها درجة الحرارة وكثافة المادة وضغطها، وتبلغ سرعته $331m/s$ عند درجة حرارة $1^{\circ}C$ وعند مستوى سطح البحر.

المادة	معامل الحجم Pa
الهواء	$1.41{\times}10^5$
الزجاج	$4{\times}10^{10}$
الماس	$4.42{\times}10^{11}$
الماء	$2.08{\times}10^9$

جدول 10.2: معامل الحجم لبعض المواد.

$$V_{\text{السرعة الصوت}} = 331 + 0.6 \times T_{\text{سلزيوس}} \qquad (10.3)$$

$$v = 331\sqrt{\frac{T}{273}} \qquad (10.4)$$

$$v_{Gass} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \quad (10.5)$$

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad \text{(معادلة نيوتن-لابلاس)}$$

حيث v سرعة الصوت، K معامل الحجم، ρ كثافة الوسط، k ثابت بولتزمان، m كتلة الغاز، T درجة الحرارة بالكالفن.

معامل الحجم يعبر عن ممانعة المادة للضغط المنتظم عليها. وإذا تجاوزت سرعة الجسم سرعة الصوت $331m/s$ فإننا نقول أنه اخترق حاجز الصوت، أي سرعته 1 ماخ.

المادة	$v\,in\,0^{\circ}C$	المادة	$v\,in\,20^{\circ}C$	المادة	$v\,in\,20^{\circ}C$	المادة	$v\,in\,20^{\circ}C$
الهواء	331	الماء العذب	1480	الحديد	5960	البولي ايثيلين	920
الهيليوم	965	ماء البحر	1540	الزجاج البايركس	5640	المطاط المقوى	54

جدول 10.3: سرعة الصوت في بعض المواد

مثال 10.2.78 السؤال

-1 موجة صوتية ترددها $200Hz$ ، احسب سرعتها وطولها الموجي في الهواء عند درجة حرارة $45^{\circ}C$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $T{=}45^{\circ}C$

التطبيق:

$$V{=}331{+}0.6T$$

$$={331}{+}27{=}358m/s$$

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad \text{(الطول الموجي)}$$

$$=\frac{358}{200}{=}1.79m$$

النتيجة: سرعة الصوت عند 45 سلزيوس تساوي 358 متر / ثانية وطوله الموجي 1.715 متر.

-2 إذا وقفت عند طرف المكان السابق وصرخت، وسمعت الصدى بعد مرور $0.8s$ ، فما بعد السطح العاكس للصوت؟

الحل

تعيين المعطيات: $t{=}0.8s$

التطبيق:

$$d{=}V{\times}t$$

$$={358}{\times}0.4{=}143.2m$$

النتيجة: المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس للصوت تساوي 143.2 متر.

مثال 10.2.79 السؤال

احسب سرعة الصوت في الماء إذا علمت أن معامل الحجم للماء $2.08{\times}10^{9}Pa$ و كثافة الماء $1000Kg/m^{3}$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K{=}2.08{\times}10^{9}Pa$ ، $\rho{=}1000Kg/m^{3}$

التطبيق:

$$v{=}\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$=\sqrt{\frac{2.08{\times}10^{9}}{1000}}$$

$$={1442.2}m/s$$

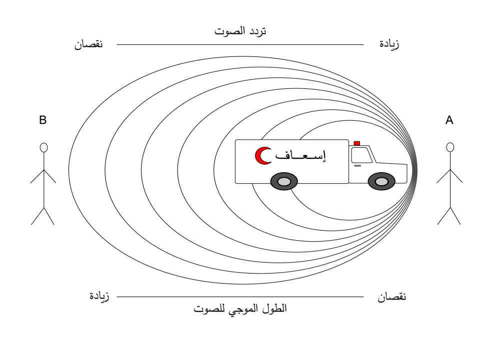
النتيجة: سرعة الصوت في الماء تساوي 1442.2 متر / ثانية.

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

10.3 تأثير دوبلر

تأثير دوبلير هو تغير في تردد الصوت عند اقتراب مصدر الصوت أو ابتعاده عن المراقب (السامع).



شكل 10.4: تأثير دوبلر

قانون تأثير دوبلر

$$f_d = f_s(\frac{v - v_d}{v - v_s}) \quad (10.6)$$

حيث f_d التردد الواصل للمراقب، و f_s تردد المصدر، وv سرعة الصوت في الهواء، وv_d سرعة المراقب، وv_s سرعة المصدر.

مثال 10.3.80 السؤال

افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة $25m/s$ في اتجاه صفارة إنذار ساكنه، إذا كان تردد صوت الصفارة $365Hz$ ، فما التردد الذي ستسمعه، علما أن سرعة الصوت في الهواء $343m/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_d=25m/s$ ،$V_s=0$ ، $f_s=365Hz$ ، $V=343m/s$

التطبيق:

$$f_d=f_s(\frac{V-V_d}{V-V_s})$$

$$=365\times(\frac{343-(-25)}{343-0})$$

$$=391.6Hz$$

النتيجة: تردد الصوت الذي سيسمعه مستقبل الصوت يساوي 391.6 هيرتز.

> ⋆ ومضة
> لحل مسائل تأثير دوبلر نتبع الخطوات التالية:
> 1- نكتب البيانات بحيث يكون المصدر على اليسار والمراقب على اليمين.
> 2- نحدد إشارة سرعة المصدر وسرعة المراقب بناء على اتجاه الحركة على المحور x ، حيث الاتجاه لليمين موجب والاتجاه لليسار سالب.
> 3- نعوض في قانون تأثير دوبلر.

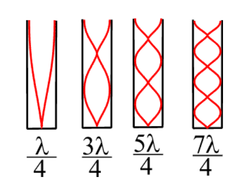
10.3.0.1 أمثلة على تأثير دوبلر

- رادار الطقس
- دراسة المجرات وبُعد النجوم.
- جهاز تصوير قلب الجنين بالموجات فوق الصوتية.
- الخفاش والدلفين.

10.4 الرنين في الأنابيب الهوائية والأوتار

10.4.1 الرنين في الأنابيب الهوائية

10.4.1.1 الرنين في الأنابيب الهوائية المغلقة



شكل 10.5: الأعمدة الهوائية المغلقة

الرنين	التردد
1	$f_1=\frac{v}{4L}$
2	$f_2=3f_1$
3	$f_3=5f_1$

جدول 10.4: تردد الرنين في الأنابيب المغلقة



شكل 10.6: الشوكة الرنانة[6]

نحسب طول الأنبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{4} \tag{10.7}$$

حيث n عدد فردي[$n=(2\times$الرنين$)-1$]: 1 ، 3 ، 5 ، 7 ، .....

مثال 10.4.81 السؤال

طول أنبوب الهواء المغلق للرنين (5) يساوي :

الحل

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

(طول الأنبوب) $L = \frac{9\lambda}{4}$

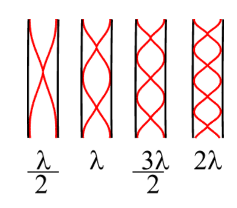
التطبيق:

$n=(2\times5)-1$

$=10-1=9$

النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي $\frac{9\lambda}{4}$ متر.

10.4.1.2 الرنين في الأنابيب الهوائية المفتوحة



شكل 10.7: الأعمدة الهوائية المفتوحة

الرنين	التردد
1	$f_1=\frac{v}{2L}$
2	$f_2=2f_1$
3	$f_3=3f_1$

جدول 10.5: تردد الرنين في الأنابيب المفتوحة

نحسب طول الأنبوب الذي يحدث الرنين باستخدام العلاقة:

$$L = \frac{n\lambda}{2} \tag{10.8}$$

حيث n عدد يساوي]n=الرنين[: 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، .....

مثال 10.4.82 السؤال

طول أنبوب الهواء المفتوح للرنين (5) يساوي :

الحل

تعيين المعطيات: رقم الرنين = 5

التطبيق:

$n=5$

(طول الأنبوب) $L=\frac{5\lambda}{2}$

النتيجة: طول الأنبوب عند الرنين الخامس يساوي $\frac{5\lambda}{2}$ متر.

10.4.1.3 الرنين في الأوتار

الموجات التي تنتج في الأوتار هي موجات موقوفة، ويحسب طولها الموجي بالقانون $\lambda=\frac{2L}{n-1}$ حيث n عدد العقد، L طول الوتر.

مثال 10.4.83 السؤال

احسب تردد النغمة الثالثة في وتر طوله $65cm$ ، إذا كانت سرعة الموجة $140m/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=140m/s$ ، $L=0.65m$

التطبيق:

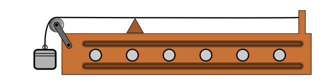
$\lambda=\frac{2L}{n-1}$

$=\frac{2\times0.65}{5-1}=0.325m$

$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{140}{0.325}$

$=430.769Hz$

النتيجة: تردد النغمة الثالثة يساوي 430.769 هيرتز.


شكل 10.8: الصنومتر

تعتمد سرعة الموجة في الوتر على:

1) قوة الشد فيه.

2) كتلة وحدة الأطوال.

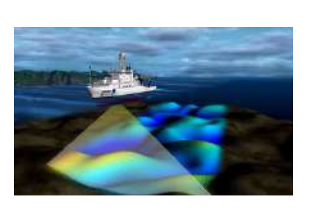
يستخدم جهاز الصنومتر لدراسة الأوتار في المختبر.

10.5 الموجات تحت الصوتية

الموجات تحت الصوتية هي موجات طولية ترددها أقل من 20 هيرتز

وتوجد هذه الترددات في الطبيعة لدى بعض الكائنات الحية مثل الفيل والزرافة وشيطان البحر (الرقيطة)، حيث تقوم الفيلة والزرافات بالتحادث مع بعضها باستخدام أصوات ترددها أقل من 20 هيرتز، في حين تتخاطب الرقيطات مع بعضها بموجات تحت صوتية تحدثها ضربات أجنحتها، وتستخدم الموجات تحت الصوتية لدراسة الزلازل والاستكشافات البترولية وتخطيط ذبذبات القلب لدراسة ميكانيكية عمله.

10.6 الموجات فوق الصوتية


شكل 10.9: سونار[2]

الموجات فوق الصوتية هي موجات طولية ترددها أعلى من 20000 هيرتز

وتوجد هذه الترددات في الطبيعة لدى بعض الكائنات الحية مثل الدلافين والحيتان، كما يستخدمها الإنسان في أداء بعض الوظائف مثل كاشفات الأعماق (سونار) في السفن والغواصات، كما تستخدم في تبخير الماء بدون تسخين في أجهزة الربو وفي بعض أجهزة تجفيف الشعر (الاستشوار)، و في أجهزة تفتيت حصوات الكلى، وأجهزة تفتيت الخلايا السرطانية (تجريبية).

وكلمة السونار مشتقة من $SONAR$:$Sound\ Navigation\ And\ Ranging$.

10.6.0.1 المقاومة الصوتية

عندما نوجه موجة فوق صوتية باتجاه سطح ما مثل وضع جهاز الموجات فوق الصوتية فوق الجلد لمشاهدة الجنين أو لتحطيم حصوات الكلى أو لفحص القلب، فإن هذه الموجات تواجه مقاومة عند محاولتها المرور داخل الجلد، ولكل وسط أو مادة مقاومة خاصة به.

المقاومة الصوتية هي مقاومة ومعاوقة الوسط لمرور الموجات فوق الصوتية خلاله.

المادة	ρ	v	Z	المادة	ρ	v	Z
الهواء	1.3	330	429	االشحم	925	1450	1.34×10^6
الماء	1000	1500	1.5×10^6	متوسط العضلات	1075	1590	1.7×10^6
الدم	1060	1570	1.66×10^6	نوع من العظام	1400−1900	4080	$(5.7-7.8)\times10^6$
تيتانات الباريوم	5600	5500	30.8×10^6				

جدول 10.6: المقاومة الصوتية لبعض المواد

$$Z = \rho v \tag{10.9}$$

v سرعة الصوت في الوسط، وρ كثافة الوسط.

وبسبب وجود هذه المقاومة الصوتية Z فإن جزءا من الموجات فوق الصوتية يستطيع النفاذ للسطح المستهدف بينما الجزء الآخر ينعكس ويرتد، ونستطيع معرفة كمية الموجات فوق الصوتية التي تستطيع العبور من سطح إلى آخر باستخدام معامل شدة الإنعكاس.

معامل شدة الانعكاس هي نسبة كمية الموجات المنعكسة إلى كمية الموجات النافذة.
ويحسب بالقانون التالي:

$$a = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \tag{10.10}$$

حيث Z_1 مقاومة الوسط الأول، و Z_2 مقاومة الوسط الثاني، وa معامل شدة الانعكاس.

وقيمة a بين 0−1 حيث 1 أكبر انعكاس للموجات فوق الصوتية و 0 أقل انعكاس أي جميع الموجات تنفذ.

مثال 10.6.84 السؤال

احسب معامل شدة انعكاس موجات فوق صوتية تنتقل من الهواء إلى اللحم (العضلات) مستعينا بالجدول في الأعلى؟

الحل

تعيين المعطيات: $Z_1{=}429kg/m^2.s$ ، $Z_2{=}1.7\times10^6g/m^2.s$

التطبيق:

$$a{=}\frac{(Z_2-Z_1)^2}{(Z_2+Z_1)^2}$$

$$=\frac{(1.7\times10^6-429)^2}{(1.7\times10^6+429)^2}$$

$$=\frac{2.889\times10^{12}}{2.891\times10^{12}}$$

$$=0.999$$

النتيجة: أي أن الموجات المنعكسة تبلغ 99.9% ولهذا يقوم الاخصائي بوضع كريم بين الجلد وجهاز الموجات فوق الصوتية لمنع وجود الهواء وبالتالي خفض نسبة الموجات المنعكسة إلى أقل من 1% .

10.7 التدريبات

1- افترض أنك في سيارة تتحرك بسرعة $30m/s$ للشرق، وتتحرك سيارة إسعاف مبتعدة للغرب بسرعة $20m/s$، فإذا انطلق منبهها بتردد $400Hz$ ، فما التردد الذي ستسمعه علما بأن سرعة الصوت في الهواء $343m/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_d=30m/s$ ، $V_s=-20m/s$ ، $f_s=400$ ، $V=343m/s$

التطبيق:

$$f_d=f_s(\frac{V-V_d}{V-V_s})$$

$$=400\times(\frac{343-30}{343-(-20)})$$

$$=344.9Hz$$

2- احسب سرعة الصوت في الفولاذ إذا علمت أن معامل الحجم له $1.6\times10^{11}Pa$ وكثافته $7870Kg/m^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=1.6\times10^{11}Pa$ ، $\rho=7870Kg/m^3$

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$=\sqrt{\frac{1.6\times10^{11}}{7870}}$$

$$=4508.92m/s$$

3- وحدة مستوى الصوت هي:

ا) ديسبل ✓ ج) هيرتز

ب) نيوتن د) متر

4- تتحرك سيارتان بنفس السرعة والاتجاه، فإذا كان تردد بوق السيارة الأولى $450Hz$ ، احسب تردد الصوت الذي يسمعه سائق السيارة الثانية، حيث سرعة الصوت $343m/s$:

ا) 450 ✓ ج) 230

ب) 343 د) 510

5- تستخدم الغواصات والسفن السونار لكشف الأعماق، فما هو نوع موجاته ؟

ا) تحت صوتية ج) ليزر

ب) صوتية د) فوق صوتية ✓

6- حيوان يستخدم الموجات تحت الصوتية في الاتصال مع جنسه ؟

ا) الأسد ج) الحصان

ب) الزرافة ✓ د) الثور

7- احسب سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة $35^\circ C$ وفي مستوى سطح البحر؟

الحل

تعيين المعطيات: $T=35^\circ C$

التطبيق:

$$v=331+0.6T$$

$$=331+0.6\times35$$

$$=352m/s$$

8- الصوت عبارة عن موجات ؟

ا) مستعرضة ج) طولية ✓

ب) كهرومغناطيسية د) حرارية

9- احسب سرعة الصوت في غاز معين، إذا علمت أن معامل الحجم له $169000Pa$ وكثافته $0.179Kg/m^3$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $K=169000Pa$ ، $\rho=0.179Kg/m^3$

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$=\sqrt{\frac{169000}{0.179}}$$

$$=971.66m/s$$

10- احسب معامل شدة الانعكاس لموجات فوق صوتية تنتقل من الماء إلى اللحم (العضلات) مستعينا بالجدول في الأعلى؟

الحل

تعيين المعطيات: $Z_1=1.5\times10^6kg/m^2.s$ ، $Z_2=1.7\times10^6g/m^2.s$

التطبيق:

$$a=\frac{(Z_2-Z_1)^2}{(Z_2+Z_1)^2}$$

$$=\frac{(1.7\times10^6-1.5\times10^6)^2}{(1.7\times10^6+1.5\times10^6)^2}$$

$$=\frac{4\times10^{10}}{3.2\times10^{13}}$$

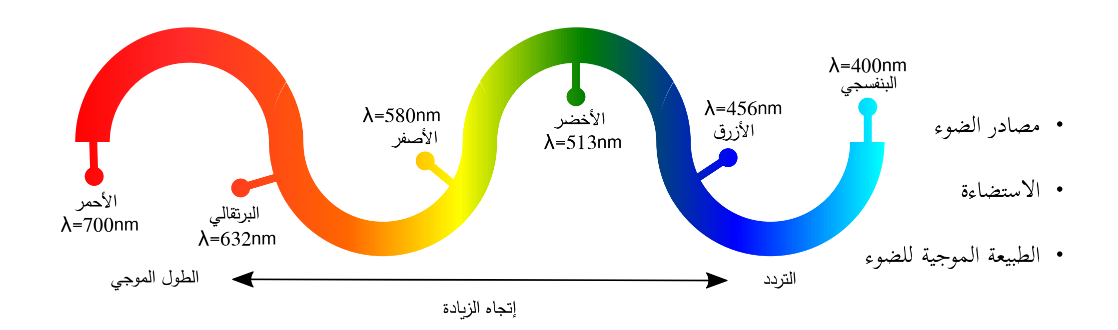
$$=0.00125$$

أي نسبة 0.1% تنعكس ولهذا يستخدم حوض الماء في جهاز تفتيت الحصوات، فهو يجعل أكثر من 99% من الموجات فوق الصوتية تنفذ إلى داخل الكلى.

11

أساسيات الضوء

- مصادر الضوء
- الاستضاءة
- الطبيعة الموجية للضوء



مقدمة

الضوء هو موجات كهرومغناطيسية مستعرضة ومرئية، ترددها محصور في المدى $400-700nm$.

11.0.1 مصادر الضوء

مصادر الضوء تنقسم إلى قسمين:

1) مصدر مضيء وهو مصدر ينتج الضوء من ذاته، وينقسم إلى قسمين قسم ينتج الضوء نتيجة ارتفاع درجة حرارته مثل الشمس، وقسم آخر لا يحتاج لرفع درجة حرارته مثل مصابيح الفلوروسنت.

2) مصدر مُضاء هو سطح يعكس الضوء من مصدر آخر مثل القمر.



شكل 11.1: أنواع الأسطح

أنواع الأسطح حسب مرور الضوء بها:
- اسطح شفافة تسمح بمرور الضوء ويمكن رؤية الأجسام من خلالها مثل زجاج النظارة.
- اسطح شبه شفافة تسمح بمرور بعض الضوء ويصعب رؤية الأجسام من خلالها مثل الورق الشفاف والزجاج الثلجي.
- اسطح معتمة لا تسمح بمرور الضوء ولا ترى الأجسام من خلالها، مثل الحديد.

11.0.2 الاستضاءة

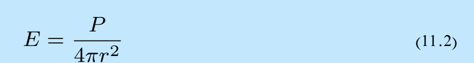
التدفق الضوئي هو كمية الضوء الخارجة من المصدر الضوئي.
ووحدته اللومن lm هو مقدار الضوء الصادر عن شمعة معيارية ويسقط على سطح مساحته $1foot^2$ من مسافة $1foot$.

شدة الإضاءة هي كمية الضوء الساقطة على سطح مساحته $1m^2$ من كرة نصف قطرها $1m$.
ووحدتها الشمعة cd ، وتعريف الشمعة cd : هي $\frac{1}{60}$ من الضوء الذي يولده $1cm^2$ من سطح معدن البلاتين المستوي في درجة حرارة تصلبه $6402^\circ K$ في الاتجاه العمودي على السطح.

$$\text{شدة الإضاءة} = \frac{P}{4\pi} \tag{11.1}$$

حيث P التدفق الضوئي.

الاستضاءة هي كمية الضوء الساقطة على نقطة تبعد عن المصدر مسافة معينة.
ووحدتها اللوكس أو lm/m^2 .



$$E = \frac{P}{4\pi r^2} \tag{11.2}$$

$$\text{شدة الإضاءة} = Er^2$$

حيث E الاستضاءة، P التدفق الضوئي، r بعد الجسم عن مركز المصدر.

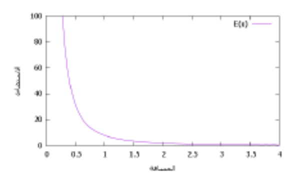
⋆ **هدف وجداني**

إن استخدام مصابيح Led يوفر في الطاقة ويحافظ على البيئة.



الاستخدام	الاستضاءة
المستودعات	$80-170$
الورش	$200-300$
المكتبات والمختبرات	$500-700$
صيانة الأجهزة الدقيقة والرسم الهندسي	$1000-2000$

جدول 11.1: الاستضاءة



شكل 11.2: الاستضاءة

مثال 11.0.85 السؤال

احسب استضاءة نقطة وضعت على بعد $2m$ من مصدر ضوئي التدفق الضوئي له $100cd$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $P=100cd$ ، $r=2m$

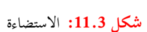
التطبيق:



$$E=\frac{P}{4\pi r^2}$$

$$=\frac{100}{4\pi\times 2^2}=1.98lux$$

النتيجة: استضاءة النقطة التي تبعد 2 متر عن المصدر تساوي 1.98 لوكس.

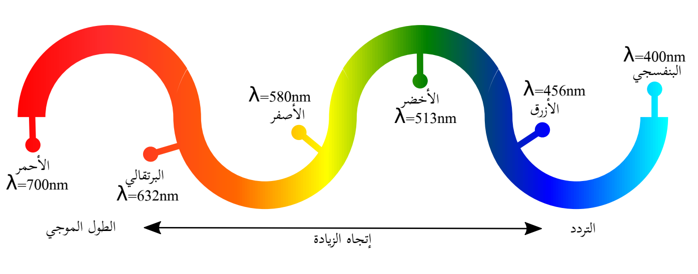


شكل 11.3: الاستضاءة

11.0.3 الطبيعة الموجية للضوء

سرعة الضوء تبلغ سرعة الضوء $3\times10^8 m/s$

الألوان



شكل 11.4: ألوان الطيف للون الأبيض

يتكون الضوء المرئي من موجات كهرومغناطيسية، وهو مجموعة من الألوان المختلفة في التردد والطول الموجي، وهذه الألوان محصوره بين اللون الأحمر واللون البنفسجي، وكلما غيرنا في تردد الموجة الكهرومغناطيسية ينتج لدينا لون جديد، الأحمر هو الأكبر في الطول الموجي لكنه الأصغر ترددا، والبنفسجي عكسه تماما، فهو الأعلى في التردد والأقل طولا موجيا.

استقطاب الضوء الاستقطاب هو سماح بعض المواد بنفاذ مركبة المجال الكهربائي ومنع مركبة المجال المغناطيسي للضوء.

$$I_2 = I_1 cos^2\theta \qquad (11.3)$$

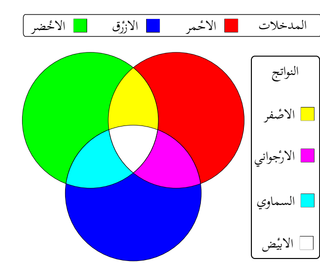
حيث I_2 شدة الضوء الخارج من المرشح الثاني، I_1 شدة الضوء الخارج من المرشح الأول، θ المحصورة بين محوري استقطاب المرشحين.

وقد استطاع مالوس من استخدام ظاهرة الاستقطاب في إثبات أن الضوء عبارة عن موجات مستعرضة، لها قمة وقاع، وهذا الذي منع بعض الموجات من العبور، في حين لو كان الضوء موجات طوليه لاستطاعت كل الموجات من العبور من المادة المستقطبة.

11.0.3.1 تداخل الألوان الأساسية

حين نشاهد شيء ما ملون مثل ورق الشجر الأخضر فإننا نعتقد أن الورقة ملونه باللون الأخضر، لكن الصحيح أن الورقة ليس لها لون، وتكتسب اللون الأخضر نتيجة امتصاصها لألوان الضوء باستثناء الضوء الأخضر، وكذلك بالنسبة لجميع الأشياء الملونة.

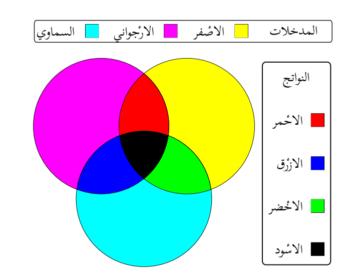
يوجد نوعين من مصادر الألوان في حياتنا، الأضواء الملونة والأصباغ الملونة:



الأول	الثاني	الثالث	الضوء الناتج
الأحمر	الأخضر		الأصفر
الأحمر		الأزرق	الأرجواني
	الأخضر	الأزرق	السماوي
الأحمر	الأخضر	الأزرق	الأبيض

جدول 11.2: مزج الأضواء الملونة

الأضواء الملونة هي ضوء مكون من أحد ثلاثة ألوان أساسية (الأحمر - الأزرق - الأخضر) ، أو واحد من بقية الألوان التي تنتج من تداخل اثنين أو أكثر من هذه الألوان بدرجات تشبع متفاوته، وينتج اللون الأبيض عن تداخل الألوان الثلاثة الأساسية.



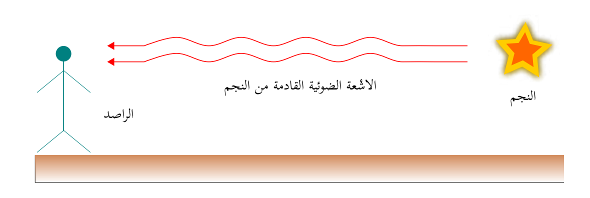
الأول	الثاني	الثالث	الصبغ الناتج
الأصفر	الأرجواني		الأحمر
	الأرجواني	السماوي	الأزرق
الأصفر		السماوي	الأخضر
الأصفر	الأرجواني	السماوي	الأسود

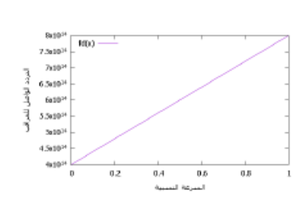
جدول 11.3: مزج الأصباغ الملونة

الأصباغ الملونة هي صبغ مكون من أحد ثلاثة ألوان أساسية (السماوي - الأرجواني - الأصفر) ، أو واحد من بقية الألوان التي تنتج من تداخل اثنين أو أكثر من هذه الأصباغ بدرجات تشبع متفاوته، وينتج اللون الأسود عن تداخل الأصباغ الثلاثة الأساسية.

11.0.3.2 تأثير دوبلر

تأثير دوبلر هو تغير ظاهري للتردد و الطول الموجي للأمواج عندما ترصد من قبل مراقب متحرك بالنسبة للمصدر الموجي.





شكل 11.5: تأثير دوبلر

حيث يقل تردد الضوء عندما يكون المصدر الضوئي مبتعدا، ويزداد حين يكون المصدر الضوئي مقتربا، فانخفاض تردد الضوء الصادر من نجم ما، هو دليل في الغالب على أنه يسير مبتعدا عنا، ويقترب منا إن كان تردد ضوئه يزداد بمرور الوقت.

$$f_d = f_s\left(\frac{c - v_d}{c - v_s}\right) \Rightarrow f_d = f_s\left(1 \pm \frac{v}{c}\right) \tag{11.4}$$

حيث f_d تردد الضوء الواصل للمراقب، f_s تردد الضوء الخارج من المصدر، v السرعة النسبية بين المصدر والمراقب، c سرعة الضوء، $\pm$ موجب للاقتراب وسالب للابتعاد.

مثال 11.0.86 السؤال

نجم يصدر ضوء أحمر تردده $f_s=400\times10^{12}Hz$ و ويقترب من الأرض بسرعة تعادل 0.7 من سرعة الضوء $v_s=0.7C$ ، احسب تردد الضوء الذي يستقبله الراصد على الأرض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f_s=400\times10^{12}Hz$ ، $V_s=0.7c$

التطبيق:

$$f_d=f_s(1\pm\frac{v}{c})$$

$$=400\times10^{12}(1+\frac{0.7}{1})$$

$$=680\times10^{12}Hz$$

النتيجة: تردد الضوء الذي يستقبله الراصد يساوي 680×10^{12} هيرتز.

11.1 التدريبات

1- احسب استضاءة نقطة وضعت على بعد $9m$ من مصدر ضوئي التدفق الضوئي له $350cd$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=9m$ ، $P=350cd$

التطبيق:

$$E=\frac{P}{4\pi r^2}$$

$$=\frac{350}{4\pi\times9^2}=0.344lux$$

2- نجم يصدر ضوء أصفر تردده $f_s=5.172\times10^{14}Hz$ و ويقترب من الأرض بسرعة تساوي $v_s=2.6\times10^8m/s$ ، احسب تردد الضوء الذي يستقبله الراصد على الأرض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f_s=5.172\times10^{14}Hz$ ، $V_s=2.6\times10^8m/s$

التطبيق:

$$f_d=f_s(1\pm\frac{v}{c})$$

$$=400\times10^{12}\times(1+\frac{0.866}{1})$$

$$=6.896\times10^{13}Hz$$

3- وحدة الاستضاءة هي:

ا) Lm

ب) Cd

ج) Lux ✓

د) J

4- أي الالوان التالية أكبر في الطول الموجي:

ا) البنفسجي

ب) الأحمر ✓

ج) الأخضر

د) الأصفر

5- أشعة جاما عبارة عن:

ا) فوتونات ذات طاقة عالية. ✓

ب) جسيمات موجبة

ج) جسيمات متفاوتة الشحنة

د) الكترونات تنبعث من النواة

6- لا يمكن لجسم أن يسبق ظله لأن الضوء :

ا) سرعته عالية. ✓

ب) خطوطه مستقيمة

ج) طاقته عالية

د) لونه أبيض

7- اللون المتمم للون الأصفر :

ا) الابيض

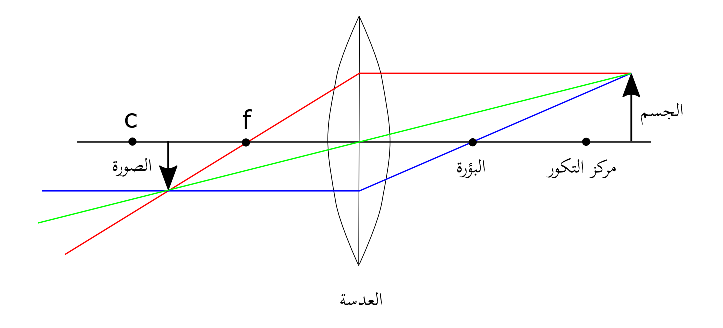
ب) الأخضر

ج) الأحمر

د) الأزرق ✓

12

المرايا والعدسات

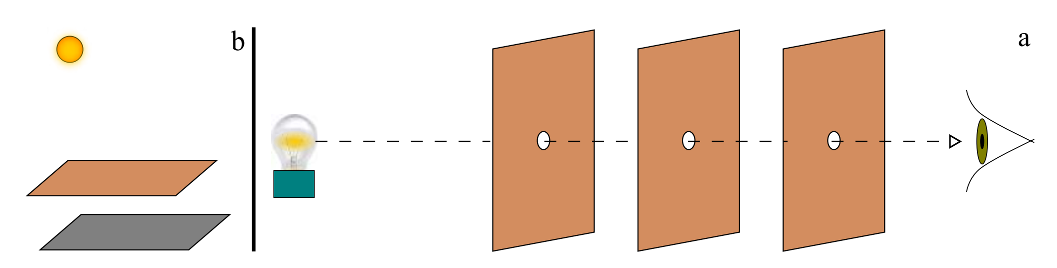


- قوانين الانعكاس والانكسار
- العدسات الكروية
- المرايا الكروية



مقدمة

الضوء : هو عبارة عن حزم من الجسيمات الكمية تسمى فوتونات.



شكل 12.1: الضوء يسير في خطوط مستقيمة

يمثل الشعاع الضوئي → بخط مستقيم عليه سهم يوضح اتجاه انتقال الشعاع. وهذا السهم يخرج من راس الجسم (قمة الجسم)، ويمتد للهدف الذي يكون غالبا العين أو العدسة أو المرآة. وكما هو واضح في الرسم a فإننا لن نستطيع رؤية المصباح لو لم تكن الثقوب الثلاثة في خط مستقيم لأن الضوء يسير في خطوط مستقيمة. وفي الرسم b نلاحظ أن الظل لم تكن لتظهر حوافه مستقيمة لو لم يكن الضوء يسير في خطوط مستقيمة.

12.1 خصائص الضوء

12.1.1 سرعة الضوء

تبلغ سرعة الضوء $3 \times 10^8 m/s$.

يتم حساب سرعة الضوء[1] بالقانون:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

حيث μ_0 ثابت النفاذية في الفراغ (ثابت النفاذية المغناطيسية)، ε_0 ثابت السماحية الكهربائية.

مثال 12.1.87 السؤال

احسب سرعة الضوء باستخدام ثابت السماحية الكهربائية وثابت النفاذية المغناطيسية؟

الحل

تعيين المعطيات: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H/m$ ، $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} Farad/m$

التطبيق:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{4\pi \times 10^{-7} \times 8.854 \times 10^{-12}}}$$

$$= 3 \times 10^8 m/s$$

النتيجة: سرعة الضوء في الفراغ $3 \times 10^8 m/s$.

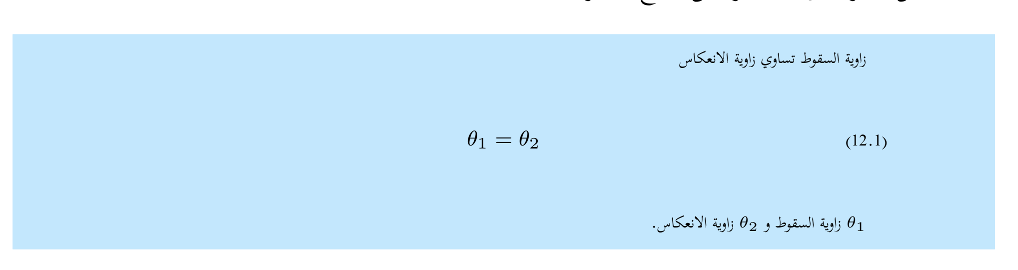
12.1.2 قانون الانعكاس

تنقسم الأسطح التي يسقط عليها الضوء إلى أسطح مصقولة تعكس أشعة الضوء الساقطة عليها بشكل متوازي وأسطح غير مصقولة تشتت أشعة الضوء عند سقوطها عليها، عند سقوط أشعة الضوء على سطح مستوي وعاكس، نجد أن جزء منها ينعكس وجزء ينفذ منكسراً وجزء يمتص.

انعكاس الضوء: ارتداد الضوء عن سطح مصقول.

شكل 12.2: السطوح غير المصقولة

شكل 12.3: قانون الانعكاس الاول



زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس

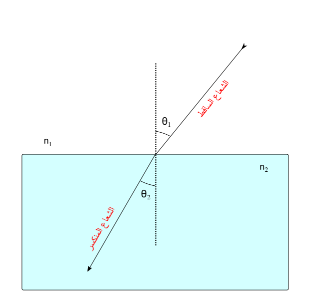
$$\theta_1 = \theta_2 \qquad (12.1)$$

θ_1 زاوية السقوط و θ_2 زاوية الانعكاس.

[1] شرح تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء في فصل النظرية النسبية.

12.1.3 قانون الانكسار

عند انتقال الضوء من وسط إلى آخر فإنه ينكسر لأن الضوء يتحرك بسرعات مختلفة في المواد المختلفة.
انكسار الضوء[2]: عند انتقال الشعاع الضوئي من وسط لآخر فإنه ينفذ للوسط الآخر مقتربا أو مبتعدا عن العمود المقام على الفاصل بين الوسطين.



شكل 12.4: انكسار الضوء

$$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{v_1}{v_2} \qquad (12.2)$$

حيث n معامل الانكسار و θ_1 زاوية السقوط و θ_2 زاوية الانكسار.

اقتراب وابتعاد الشعاع المنكسر من العمود المقام على الوسط الفاصل:

- ينكسر الضوء مقتربا إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أقل إلى وسط ذي معامل انكسار أكبر ($n_1<n_2$).
- ينكسر الضوء مبتعدا إذا كان ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أكبر إلى وسط ذي معامل انكسار أقل ($n_1>n_2$).
- إذا سقط الضوء عاموديا على السطح (بزاوية سقوط 0° مع العمود المقام) فإنه الضوء لا ينكسر (زاوية انكسار 0°).

مثال 12.1.88 السؤال

سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء فانكسر في الماء بزاوية 25 درجة، أوجد زاوية السقوط؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_1=1$ ، $n_2=1.333$

التطبيق:

$$\frac{sin\theta_1}{sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}$$

$$1\times sin\theta=1.333\times sin25$$

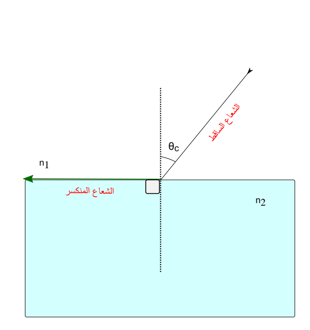
$$sin\theta=0.562$$

$$\theta=sin^{-1}(0.562)=34.19^\circ$$

النتيجة: زاوية سقوط الشعاع الضوئي تساوي 34.19 درجة.

ويحسب معامل الانكسار المطلق n بقسمة سرعة الضوء في الفراغ على سرعته في المادة $n=\frac{C}{v}$. أي أن معامل الانكسار هو معدل سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في المادة، وكما هو واضح من القانون كلما زادت سرعة الضوء في المادة كلما قل معامل الانكسار (تناسب عكسي).[3]

* تستخدم زاوية الانكسار للتعرف على المواد، فلكل مادة زاوية انكسار خاصة بها $n_2=\frac{n_1 sin\theta_1}{sin\theta_2}$.
* تستخدم العلاقة $n=\frac{\text{العمق الحقيقي}}{\text{العمق الظاهري}}$ لمعرفة العمق الحقيقي التقريبي للمسطحات المائية.

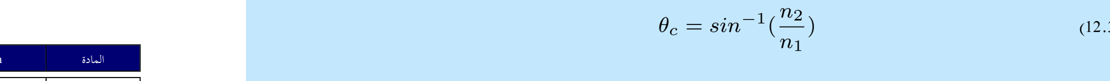


شكل 12.5: الزاوية الحرجة



12.1.4 الزاوية الحرجة

الزاوية الحرجة هي زاوية السقوط التي يقابلها زاوية انكسار 90 درجة، وتوجد فقط إذا انتقل الشعاع الضوئي من وسط معامل انكساره أعلى إلى وسط معامل انكساره أقل.



$$\theta_c=sin^{-1}(\frac{n_2}{n_1}) \qquad (12.3)$$

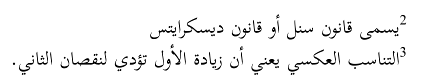
حيث θ_c الزاوية الحرجة و n_1 معامل انكسار الوسط الأول و n_2 معامل انكسار الوسط الثاني.

المادة	n
الهواء	1.00293
الماء	1.333
الماس	2.419

جدول 12.1: معامل الانكسار لبعض المواد الشفافة.

وإذا سقط الشعاع الضوئي على السطح الفاصل بين وسطين شفافين فإنه:

- ينعكس إذا كانت زاوية سقوطه أكبر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أكبر إلى وسط ذي معامل انكسار أقل ($n_1>n_2$).



[2] يسمى قانون سنل أو قانون ديسكرايتس
[3] التناسب العكسي يعني أن زيادة الأول تؤدي لنقصان الثاني.

- ينكسر إذا كانت زاوية سقوطه أصغر من الزاوية الحرجة ، عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أكبر إلى وسط ذي معامل انكسار أقل ($n_1>n_2$).

- ينكسر دائما عندما ينتقل من وسط ذي معامل انكسار أقل إلى وسط ذي معامل انكسار أكبر ($n_1<n_2$) ولا توجد له زاويه حرجة.

- إذا كانت زاوية سقوط الشعاع الضوئي مساوية للزاوية الحرجة فإن الشعاع ينكسر منطبقا على الخط الفاصل بين الوسطين.

مثال 12.1.89 السؤال

احسب الزاوية الحرجة للماء إذا كان الوسط الثاني هو الفراغ؟

الحل

تعيين المعطيات: $n_2=1$ ، $n_1=1.333$

التطبيق:

$$\theta_c=sin^{-1}(\frac{n_2}{n_1})$$

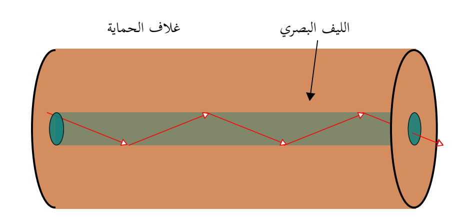
$$=sin^{-1}(\frac{1}{1.333})=48.6^{\circ}$$

النتيجة: الزاوية الحرجة للماء تساوي 48.6° .

ويمكن حساب معامل الانكسار المطلق n بدلالة الزاوية الحرجة $n=\frac{1}{sin\theta_c}$. ومن الطرائف حول الزاوية الحرجة أن الماس يملك زاوية حرجة صغيرة تبلغ 19 تقريبا، وهذا يعني أن الضوء إذا اخترق سطح الماس فإنه يصبح غير قادر على الخروج منه، فيستمر في الاصطدام بالجدار الداخلي للماس محدثا التوهج المعروف للماس، حيث يتطلب خروج الضوء أن يسقط بزاوية أقل من 19 درجة وهذا يمثل $\frac{19}{90}$ ، أي 1 من كل 5 أشعة يستطيع الخروج، وهذا ما يجعل الماس غاليا لتوهجه، ويجعل الصاغة يقطعونه بشكل مضلع.

12.1.4.1 الانعكاس الكلي الداخلي

الانعكاس الكلي الداخلي هو ظاهرة فيزيائية تعني أن الشعاع الضوئي ينعكس طالما أن زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة للمادة المستخدمة. تستخدم لحصر ونقل الضوء داخل أنابيب رفيعة جدا سمكها في حدود $10\mu m$ ومغلفة بمادة حماية تجعل سمكها يصل $125\mu m$ تقريبا، وتصنع هذه الأنابيب من الزجاج أو البلاستيك عادة. وتسمى هذه الأنابيب بالألياف البصرية.



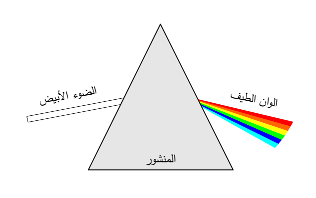
شكل 12.6: الليف البصري

فكرة عمل الألياف البصرية لنفرض أن الليف البصري مصنوع من الزجاج الذي معامل انكساره $n=1.7$ أي أن الزاوية الحرجة له $\theta_c=sin^{-1}(\frac{1}{1.7})=36^{\circ}$ ، وهذا يعني أن كل شعاع ضوئي زاوية سقوطه أكبر من 36° سينعكس ولن ينكسر. فندخل شعاع ليزر بزاوية سقوط أكبر من 36° إلى داخل الليف البصري كما في الرسم، عندها سيستمر الشعاع بالانعكاس على جدران الليف البصري إلى أن يصل للطرف النهائي لليف، ويبلغ طول بعض الألياف البصرية عدة آلاف من الكيلومترات، وتستخدم الألياف البصرية لنقل الأنترنت والاتصالات الهاتفية والتصوير الطبي بالمناظير، والبث التلفزيوني الكيبلي.

12.2 المنشور

المنشور هو جسم شفاف له خمسة أوجه، وربما لو قسناه على المستطيل والمربع لقلنا هو مجسم المثلث (مجسم المستطيل يسمى متوازي مستطيلات ومجسم المربع يسمى مكعب).

من فوائد المنشور:



شكل 12.7: المنشور

- تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف السبعة.

- تغيير اتجاه الضوء مثل استخدامه في المنظار المقرب ونظارة قوقل ومنظار الغواصة.

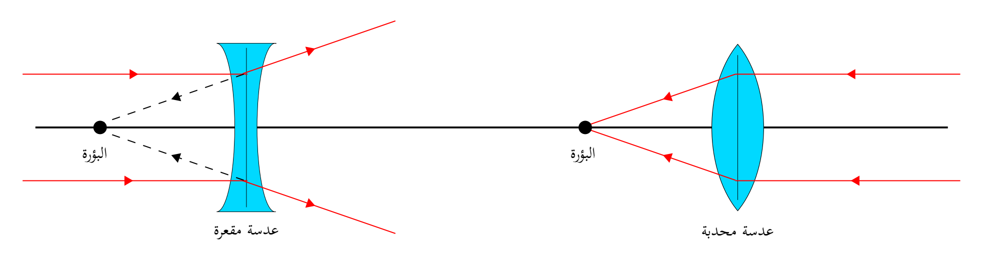
- التعرف على تركيب المواد الساخنة عن طريق طيف الضوء الصادر عنها، ومعرفة الغازات على أسطح النجوم (راجع فصل الفيزياء الذرية).

لاحظ من الرسم أن انحراف الشعاع الضوئي الخارج من المنشور يزداد بنقصان طوله الموجي، فالأحمر هو أقل الألوان انحرافا لأنه أعلاها طولا موجيا، والبنفسجي هو أكبرها انحرافا لأن طوله الموجي هو الأدنى.

12.3 العدسات الكروية

العدسة هي أي مادة شفافة لها شكل مناسب بحيث تجمع الأشعة المتوازية في نقطة أو تفرقها بحيث تتجمع نهاياتها في نقطة،

والشكل المبسط لها على شكل سطح كروي، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإنا نسميها عدسة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها عدسة محدبة.



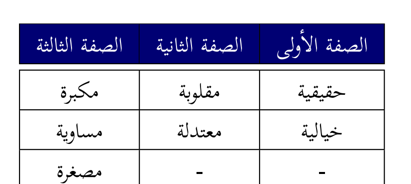
شكل 12.8: أنواع العدسات



شكل 12.9: عدسة محدبة تجمّع الضوء وتركزه في نقطة تسمى البؤرة.[2]

12.3.1 العدسات المحدبة

العدسات المحدبة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضا بالعدسات المجمعة لأنها تعمل على تجميع الضوء وتركيزه لكي يمر في البؤرة، وعند وضع جسم أمام العدسة المحدبة تتكون له صورة تختلف في موضعها واعتدالها وحقيقيتها بحسب موضع الجسم، لهذا يتم وصف حالة الصورة بثلاث صفات (صفة واحدة من كل عمود في الجدول التالي):



الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

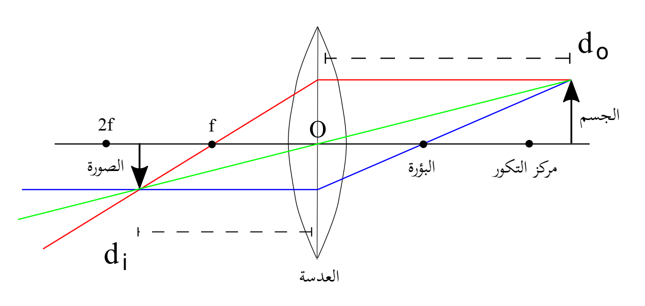
جدول 12.2: صفات الصور في العدسات

⋆ طرفة علمية

يمكن استخدام العدسات المحدبة لإشعال النار، حيث يتجمع ضوء الشمس في البؤرة.

* مكبرة: الصورة أكبر من الجسم، مصغرة: الصورة أصغر من الجسم، مساوية: الصورة تساوي الجسم، مقلوبة: اتجاه رأس الصورة عكس اتجاه رأس الجسم، معتدلة: رأس الصورة في اتجاه رأس الجسم، حقيقية: يمكن استقبال الصورة على حائل ورقي (هندسيا العدسة بين الجسم والصورة)، خيالية: لا يمكن استقبال الصورة على حائل (هندسيا الجسم والصورة معا في يمين أو يسار العدسة).

لرسم الصور في العدسات المحدبة نحتاج إلى رسم خطين على الأقل من ثلاثة خطوط:



شكل 12.10: رسم الصورة

1) خط يخرج من رأس الجسم ويمر في قطب المرآة بشكل مستقيم.

2) خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينكسر مواز لمحور العدسة.

3) خط يخرج من الرأس ويسير مواز لمحور العدسة وينكسر ماراً بالبؤرة.

⋆ ومضة

عدسة فرنيل هي صورة مضغوطة من العدسات المحدبة وذات كفاءة عالية.

حالات تكون الصور في العدسات:

	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
1	$d_o \to \infty$	$d_i = f$	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
2	$d_o > 2f$	$f < d_i < 2f$	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
3	$d_o = 2f$	$d_i = 2f$	حقيقية ومقلوبة ومساوية	
4	$f < d_o < 2f$	$d_i > 2f$	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	

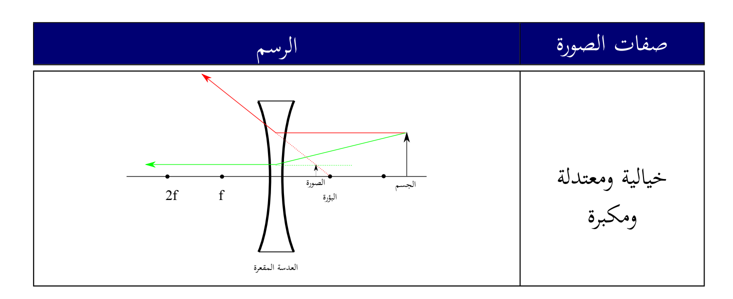
جدول 12.3: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 1

	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
5	$d_o = f$	$d_i \to \infty$	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
6	$O < d_o < f$	$d_i > d_o$	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

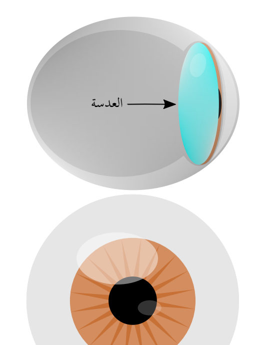
جدول 12.4: حالات تكون الصور في العدسات المحدبة 2

12.3.2 العدسات المقعرة

العدسات المقعرة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها مقعر إلى الداخل وتسمى أيضا بالعدسات المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشتيته، وعند وضع جسم أمام العدسة المقعرة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.

صفات الصورة	الرسم
خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 12.5: حالات تكون الصور في العدسات المقعرة



شكل 12.11: العين

12.3.3 تطبيقات على العدسات

تستخدم العدسات بشكل واسع في حياتنا اليومية، فالعدسات المحدبة تستخدم في النظارة الطبية (طول النظر) والكاميرا والبروجكتر والعدسة المكبرة المفردة وعدسات مصابيح بعض السيارات ، كما تستخدم في التلسكوب والمجهر وعين الإنسان، أما العدسات المقعرة فتستخدم في في النظارة الطبية (قصر النظر) وخطوط المساحة الليزرية.



عدسة محدبة عدسة مكبرة

شكل 12.12: تطبيقات على العدسات

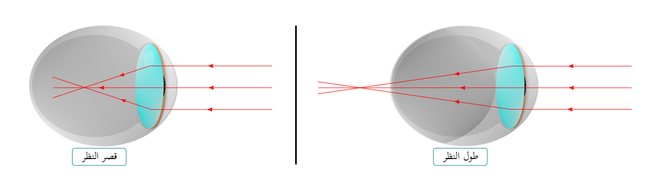


★ طرفة علمية

كان الفيزيائي الحسن بن الهيثم يستخدم صندوقا لتكوين الصور داخله وسماه القمرة، ومنها اشتق مسمى الكميرا

عين الإنسان

يدخل الضوء بداية من القرنية ثم يعبر من خلال العدسة وهي عدسة مرتبطة بعضلات هدبية تتحكم بدرجة تحدبها، وأخيرا يسقط الضوء على الشبكية وهي طبقة حساسة للضوء مكونة نوعين من الأجسام الحساسة لها شكل قضبان ومخاريط. الأول يستقبل الصورة الضوء بالأبيض والأسود والثانية تستقبل الألوان.



شكل 12.13: عيوب النظر

طول النظر ناتج عن ضعف العدسة (نقص تحدب) ولهذا نقويها بإضافة نظارة طبية بعدسة محدبة، أما قصر النظر فينتج عن قوة العدسة (زيادة تحدب) ولهذا نضعفها بإضافة نظارة طبية بعدسة مقعرة. وتوجد طرق علاج طبية أخرى منها الجراحة.

12.4 القانون العام للعدسات والمرايا

سمي بالقانون العام لأنه يشمل العدسات والمرايا، ويتميز بالسهولة إذا تم التعويض بشكل جيد.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \qquad (12.4)$$

حيث f البعد البؤري، d_o بعد الجسم عن مركز العدسة أو المرآة، d_i بعد الصورة عن مركز العدسة أو المرآة.

ويجب وضع الإشارة الصحيحة أثناء التعويض في القانون حسب الجدول التالي:

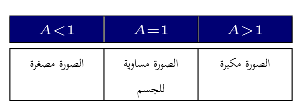
	f		d_o		d_i	
	+	-	+	-	+	-
عدسة محدبة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية
عدسة مقعرة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة محدبة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة مقعرة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية

جدول 12.6: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

12.4.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

$$A = \frac{-d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o} \qquad (12.5)$$

حيث A تكبير الصورة، h_o ارتفاع الجسم، h_i ارتفاع الصورة، والإشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.



$A>1$	$A=1$	$A<1$
الصورة مكبرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مصغرة

جدول 12.7: قيم تكبير العدسة



لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

مثال 12.4.90 السؤال

إذا وضع جسم على بعد 10 سنتمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=4cm$ ، $d_o=10cm$

التطبيق:

(حساب بعد الصورة)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{4}=\frac{1}{10}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{4}-\frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{di}=\frac{3}{20}$$

$$di=\frac{20}{3}=6.66cm$$

(حساب تكبير الصورة)

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{6.66}{10}=-0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وتبعد 6.66 سنتمتر ، والإشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

مثال 12.4.91 السؤال

يقف رجل على بعد 3 أمتار من عدسة مقعرة بعدها البؤري 200 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن العدسة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $d_o{=}3m$ ، $f{=}2m$

التطبيق:

(حساب بعد الصورة)

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}{=}\frac{1}{2}-\frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{di}{=}\frac{1}{6}$$

$$di{=}\frac{6}{1}{=}6m$$

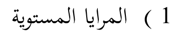
(حساب تكبير الصورة)

$$A = -\frac{d_i}{d_o}$$

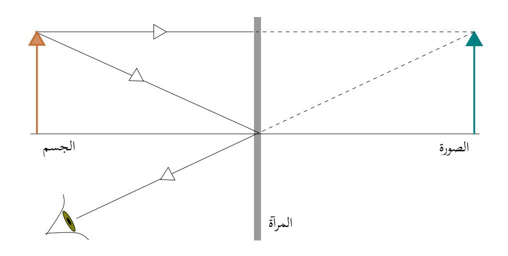
$$A{=}-\frac{6}{3}{=}-2$$

النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وتبعد 6 سنتمتر ، والإشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

المرايا هي اسطح عاكسيتها عالية، وتنقسم إلى نوعين:



1) المرايا المستوية   2) المرايا الكروية



شكل 12.14: الصورة في المرآة المستوية

المرايا المستوية هي مرايا مسطحة تعكس الضوء الساقط عليها بحيث تتميز الصورة بأنها:

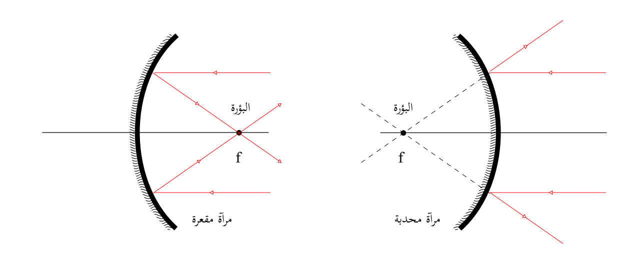
1) طول الصورة مساوي لطول الجسم الأصلي.

2) الصورة الناتجة معتدلة راسيا، ومقلوبة أفقيا.

3) المسافة بين الصورة والمرآة والمسافة بين الجسم والمرآة متساويتان.

12.5 المرايا الكروية

المرايا الكروية هي أسطح مصقولة كروية الشكل وعاكسيتها عالية، فإذا كان تكور السطح إلى الداخل فإننا نسميها مرآة مقعرة وإذا كان تكور السطح إلى الخارج نسميها مرآة محدبة.



شكل 12.15: أنواع المرايا

12.5.1 المرايا المقعرة

المرايا المقعرة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها مقعر ومنحني إلى الداخل وتسمى أيضا بالمرايا المجمعة لأنها تعمل على تجميع الضوء وتركيزه في البؤرة، وعند وضع جسم أمام المرآة المقعرة تتكون له صورة تختلف في موضعها واعتدالها وحقيقيتها بحسب موضع الجسم، لهذا يتم وصف حالة الصورة بثلاث صفات (صفة واحدة من كل عمود في الجدول التالي):

* مكبرة: الصورة أكبر من الجسم، مصغرة: الصورة أصغر من الجسم، مساوية: الصورة تساوي الجسم، مقلوبة: اتجاه رأس الصورة عكس اتجاه رأس الجسم، معتدلة: رأس الصورة في اتجاه رأس الجسم، حقيقية: يمكن استقبال الصورة على حائل ورقي (هندسيا الجسم والصورة معا في يمين أو يسار المرآة) ، خيالية: لا يمكن استقبال الصورة على حائل (هندسيا المرآة بين الجسم والصورة).

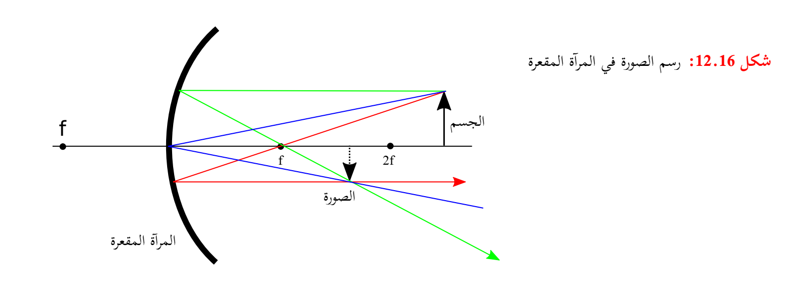
لرسم الصور في المرايا المقعرة نحتاج إلى رسم خطين على الأقل من ثلاثة خطوط:

1) خط يخرج من رأس الجسم ينعكس عن قطب المرآة بزاوية مساوية لزاوية السقوط.

2) خط يخرج من رأس الجسم ويمر بالبؤرة وينعكس موازٍ لمحور المرآة.

3) خط يخرج من الرأس ويسير موازٍ لمحور المرآة وينعكس ماراً بالبؤرة.

> ⋆ **طرفة علمية**
>
> يمكن استخدام قاعدة علب المشروبات الغازية لإشعال النار، فهي مرايا مقعرة تجمع ضوء الشمس في البؤرة.



شكل 12.16: رسم الصورة في المرآة المقعرة

الصفة الأولى	الصفة الثانية	الصفة الثالثة
حقيقية	مقلوبة	مكبرة
خيالية	معتدلة	مساوية
-	-	مصغرة

جدول 12.8: صفات الصورة

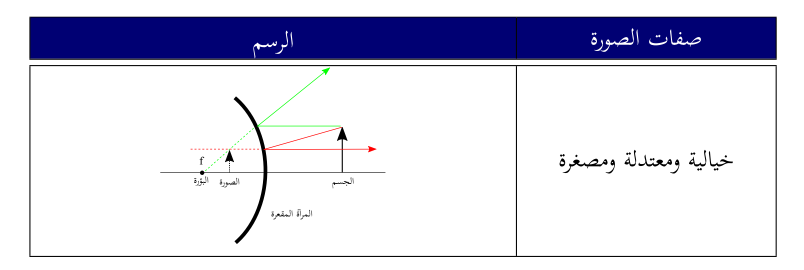
حالات تكون الصور في المرايا:

	الجسم	الصورة	صفات الصورة	الرسم
1	$d_o \to \infty$	$d_i = f$	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
2	$d_o > 2f$	$f < d_i < 2f$	حقيقية ومقلوبة ومصغرة	
3	$d_o = 2f$	$d_o = 2f$	حقيقية ومقلوبة ومساوية	
4	$f < d_o < 2f$	$d_i > 2f$	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
5	$d_o = f$	$d_i \to \infty$	حقيقية ومقلوبة ومكبرة	
6	$O < d_o < f$	خلف المرآة	خيالية ومعتدلة ومكبرة	

جدول 12.9: حالات تكون الصور في المرايا المقعرة

12.5.2 المرايا المحدبة

المرايا المحدبة تسمى بهذا الاسم لأن سطحها محدب إلى الخارج وتسمى أيضا بالمرايا المفرقة لأنها تعمل على تفريق الضوء وتشتيته، وعند وضع جسم أمام المرآة المحدبة تتكون له صورة لا تختلف في صفاتها ولا تتغير بتغير موضع الجسم، فهي دائما خيالية ومعتدلة ومصغرة.

صفات الصورة	الرسم
خيالية ومعتدلة ومصغرة	

جدول 12.10: حالات تكون الصور في المرايا المحدبة

12.5.3 تطبيقات على المرايا



شكل 12.17: مرآة مصباح الطبيب

تستخدم المرايا في حياة الإنسان منذ آلاف السنين وحتى قبل اختراع المرايا الزجاجية المبطنة بالفضة، فارتبطت المرآة بالمرأة على مر العصور، أما أقدم الاستخدامات المذكورة في التاريخ - إن صحت تاريخيا - فهو بلا شك فنار الإسكندرية (إحدى عجائب الدنيا السبع القديمة)، حيث تم وضع مرآة مقعرة كبيرة على قمة الفنار، وحين تقترب سفينة من الميناء توجه المرآة باتجاه السفينة لكي يتجمع الضوء عليها وتحترق.

أيضا تستخدم المرايا المقعرة في محطات توليد الكهرباء من الشمس، وفي أطباق استقبال الأقمار الصناعية، وأطباق الطبخ بحرارة الشمس وخلفيات الكشافات ومصابيح السيارات، أما المرايا المحدبة تستخدم في المرايا الجانبية للسيارة، وتوضع في المنعطفات لكي تسمح للسائقين برؤية السيارات القادمة من الشارع الجانبي.

12.6 القانون العام للعدسات والمرايا

سمي بالقانون العام لأنه يشمل العدسات والمرايا، ويتميز بالسهولة إذا تم التعويض بشكل جيد.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \qquad (12.6)$$

حيث f البعد البؤري، d_o بعد الجسم عن مركز العدسة أو المرآة، d_i بعد الصورة عن مركز العدسة أو المرآة.

ويجب وضع الإشارة الصحيحة أثناء التعويض في القانون حسب الجدول التالي:

	f		d_o		d_i	
	+	-	+	-	+	-
عدسة محدبة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية
عدسة مقعرة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة محدبة		دائما	جسم حقيقي	جسم خيالي		دائما
مرآة مقعرة	دائما		جسم حقيقي	جسم خيالي	صورة حقيقية	صورة خيالية

جدول 12.11: إشارات القانون العام للعدسات والمرايا

الصورة الحقيقية يمكن استقبالها على شاشة، بينما الصورة الخيالية لا يمكن استقبالها على شاشة.

12.6.1 قانون التكبير للعدسات والمرايا

يتم حساب نسبة تكبير طول الصورة إلى طول الجسم في العدسات والمرايا يحسب بالقانون التالي.

$$A=\frac{-d_i}{d_o}=\frac{h_i}{h_o} \quad (12.7)$$

حيث A تكبير الصورة، h_o ارتفاع الجسم، h_i ارتفاع الصورة، والإشارة السالبة في القانون تدل على أن الصورة مقلوبة.

$A>1$	$A=1$	$A<1$
الصورة مكبرة	الصورة مساوية للجسم	الصورة مصغرة

جدول 12.12: قيم تكبير العدسة

مثال 12.6.92 السؤال

1- إذا وضع جسم على بعد 10 سنتمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 4 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=4cm$ ، $d_o=10cm$

التطبيق:

(بعد الصورة) $$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{4}=\frac{1}{10}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{4}-\frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{3}{20}$$

$$di=\frac{20}{3}=6.66cm$$

(تكبير الصورة) $$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{6.66}{10}=-0.66$$

النتيجة: أي أن الصورة مصغرة وعلى بعد 6.66 سنتمتر، والإشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

2- يقف رجل أمام على بعد 3 أمتار من مرآة مقعرة بعدها البؤري 200 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: $f=2m$ ، $d_o=3m$

التطبيق:

(بعد الصورة) $$\frac{1}{2}=\frac{1}{3}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{2}-\frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{di}=\frac{1}{6}$$

$$di=\frac{6}{1}=6m$$

(تكبير الصورة) $$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{6}{3}=-2$$

النتيجة: أي أن الصورة مكبرة وعلى بعد 6 متر ، والإشارة السالبة تدل على أنها مقلوبة.

⋆ ومضة

لحل المسألة:
- حدد المعطيات.
- اكتب الرموز فوق المعطيات.
- حدد المعادلة المناسبة.
- عوض بهدوء ولا تتعجل.

12.7 التدريبات

1- سقط شعاع ضوئي من الهواء إلى الماء بزاوية 32 درجة، أوجد زاوية الانكسار؟

الحل

تعيين المعطيات: n_1=1 ، θ_1=32° ، n_2=1.33

التطبيق:

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1}$$

$$sin\theta_2=\frac{n_1 sin\theta_1}{n_2}$$

$$\theta_2=sin^{-1}(\frac{1\times sin32}{1.33})$$

$$\theta_2=44.813^{\circ}$$

2- إذا وضع جسم على بعد 12 سنتمتر من عدسة محدبة بعدها البؤري 7 سنتمتر، فأوجد بعد الصورة وتكبيرها ؟

الحل

تعيين المعطيات: d_o=12cm ، f=7cm

التطبيق:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{7}=\frac{1}{12}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{7}-\frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{f}=\frac{5}{84}$$

$$di=\frac{84}{5}=16.8cm$$

$$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{16.8}{12}=-1.4$$

3- يقف رجل أمام على بعد 35 سنتمتر من مرآة مقعرة بعدها البؤري 9 سنتمتر ، فأوجد بعد الصورة عن المرآة وتكبيرها؟

الحل

تعيين المعطيات: d_o=35cm ، f=9cm

التطبيق:

$$\frac{1}{9}=\frac{1}{35}+\frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{9}-\frac{1}{35}$$

$$\frac{1}{di}=\frac{26}{315}$$

$$di=\frac{315}{26}=12.11m$$

$$A=-\frac{d_i}{d_o}$$

$$A=-\frac{12.11}{35}=-0.34$$

4- الصورة في المرايا المحدبة تكون:

ا) مكبرة
ب) مصغرة ✓
ج) مساوية
د) لا توجد صورة

5- تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحرض للأشعة هو :

ا) الأشعة السينية
ب) الليزر ✓
ج) تحليل الضوء
د) تجميع الضوء

6- يحدث الانعكاس الكلي الداخلي للضوء عندما تكون زاوية السقوط .... الزاوية الحرجة :

ا) أكبر من ✓
ب) أصغر من
ج) تساوي
د) أصغر أو تساوي

7- في ...... تكون الصورة وهمية (خيالية) ومعكوسة جانبيا وطول الصورة مساوي لطول الجسم :

ا) المرآة المستوية ✓
ب) المرآة المحدبة
ج) العدسة المحدبة
د) العدسة المقعرة

8- على أي بعد يجب أن نضع جسم أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري 10cm لكي تتكون لها صورة على بعد 12cm ؟

ا) 12cm ✓
ب) 22cm
ج) 2cm
د) 1.2cm

9- إذا تكونت صورة على بعد 30cmمن عدسة محدبة، ومكبرة 3 مرات، احسب بعد الجسم ؟

ا) 10cm ✓
ب) 90cm
ج) 33cm
د) 27cm

10- وضع جسم على بعد 4cm من عدسة محدبة فتكونت له صورة حقيقية على بعد 4cm ، احسب البعد البؤري ؟

ا) 2cm ✓
ب) 16cm
ج) 8cm
د) 6cm

11- جسم طوله 2cm موضوع أمام مرآة تكبيرها 10 مرات، احسب طول الصورة ؟

ا) 20cm ✓
ب) 12cm
ج) 8cm
د) 5cm

12- الانعكاس الذي ينتج صورة خيالية معتدلة، يكون في :

ا) عدسة محدبة
ب) عدسة مقعرة
ج) مرآة محدبة ✓
د) مرآة مقعرة

13- أوجد بعد جسم موضوع أمام مرآة مقعرة بعدها البؤري $11cm$ وتعطي صورة على بعد $12cm$:

ا) $23cm$
ب) $132cm$ ✓
ج) $1cm$
د) 1.1cm

14- المرايا التي تستخدم في جوانب السيارات ؟

ا) المحدبة ✓
ب) المقعرة
ج) المستوية
د) المتموجة

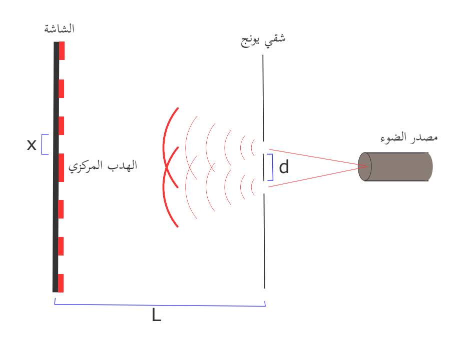
15- إذا كان تكبير المرآة 5 مرات، وطول الجسم $8cm$ فإن طول الصورة ؟

ا) $13cm$
ب) $40cm$ ✓
ج) $1.6cm$
د) $0.625cm$

16- الشعاع الذي يسير مواز لمحور مرآة مقعرة، ينعكس عنها ..... ؟

ا) مارا بالبؤرة ✓
ب) مارا بمركز التكور
ج) مواز للمحور
د) مارا بقطب المرآة

13
التداخل والحيود



- أنواع الضوء
- التداخل والحيود
- معيار ريليه



مقدمة

13.1 التداخل

الضوء هو عبارة عن موجات كهرومغناطيسية، ولهذا فإن هذه الموجات حين تلتقي يحدث لها اندماج أو تداخل، ويكون هذا التداخل بناء أو هدام. وهذا التداخل يتأثر بشكل ونوع الوسط الذي تتحرك فيه الموجات الضوئية.

13.1.1 أنواع الضوء

الضوء المترابط: هو ضوء ذو مقدمات موجية متزامنة ويكون ذو خاصية تباعد انتشار منخفضة.

الضوء غير المترابط: هو ضوء ذو مقدمات موجية غير متزامنة.

تداخل الضوء المترابط تداخل الضوء المترابط ينتج أهداب لونية تختلف باختلاف نوع اللون المستخدم، لكنها تتفق في كونها مكونه من أهداب تداخل ، وهي أهداب مضيئة (تداخل بناء) وأهداب مظلمة (تداخل هدام).



شكل 13.1: الاهداب

نوع الضوء	الهدب المركزي	الأهداب الأخرى
أحادي اللون	نفس اللون	نفس اللون
أبيض	أبيض	ألوان الطيف

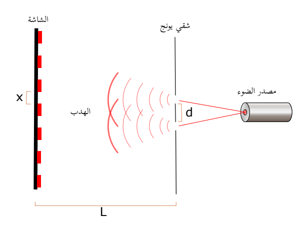
جدول 13.1: تداخل الضوء المترابط

13.1.2 تجربة يونج

قام يونج بتجربة لإثبات الطبيعة الموجية للضوء وتوصل إلى أن الضوء يتداخل محدثاً أهداب مضيئة وأهداب مظلمة، أي أن الضوء ذو طبيعة موجية.

$$m\lambda = \frac{xd}{L} \tag{13.1}$$

حيث λ الطول الموجي، x المسافة بين الهدب المركزي والهدب الأول المضيء، d المسافة بين الشقين، L المسافة بين الشقين واللوحة التي تظهر عليها الأهداب، m رقم الهدب (المركزي $m=0$).



شكل 13.2: تجربة يونج

مثال 13.1.93 السؤال

إذا تم إجراء تجربة يونج باستخدام ضوء طوله الموجي $5\times10^{-7}m$ ووضعت الشاشة على بعد $1m$ وكانت المسافة بين شقي يونج $2\times10^{-5}m$ فاحسب بعد الهدب المضيء الأول عن الهدب المركزي؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=5\times10^{-7}m$ ، $L=1m$ ، $d=2\times10^{-5}m$

التطبيق:

$m\lambda=\frac{xd}{L}$

$x=\frac{5\times10^{-7}\times1}{2\times10^{-5}}$

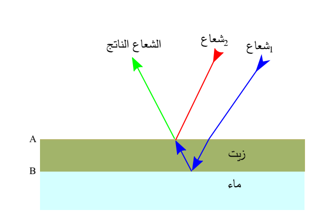
$=0.025m$

النتيجة: بعد الهدب المضيء الأول عن الهدب المركزي يساوي 0.025 متر.

13.1.3 التداخل في الأغشية الرقيقة

وهي أغشية رفيعة من مادة شفافة تُحدث تداخل بناء أو هدام للضوء الساقط عليها، حيث ينعكس جزء من الضوء على السطح A كما في الرسم التوضيحي، وجزء ينفذ من السطح A وينعكس على السطح B ثم يخترق السطح A ويعود مرة أخرى للهواء، وإذا انطبق هذا الشعاع الخارج للهواء مع الشعاع الأول المنعكس عن A فإنه ينتج تداخل بناء أو هدام بناء على سمك الغشاء ومعامل انكساره. مثل رؤيتنا للألوان المتموجة والبراقة على غشاء رقيق من الزيت يطفو على الماء أو على أجنحة بعض الحشرات مثل فراشة مورفو وتغير ألوان الحرباء، ويمكن استخدام التداخل البناء في الأغشية الرقيقة في صنع أسطح لامعة متوهجة كما يمكن استخدام التداخل الهدام في صنع ملابس عسكرية أو أسطح خفية للطائرات.

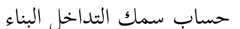
الطول الموجي في الوسط



شكل 13.3: التداخل في الأغشية

$$\lambda_f = \frac{\lambda_0}{n} \tag{13.2}$$

حيث λ_f الطول الموجي في الوسط، λ_0 الطول الموجي في الفراغ، n معامل انكسار الوسط.


حساب سمك التداخل البناء

$$d = \frac{a\lambda_f}{4} \quad \text{و} \quad a = 1, 3, 5, ... \tag{13.3}$$

حساب سمك التداخل الهدام

$$d = \frac{a\lambda_f}{2} \quad \text{و} \quad a = 1, 2, 3, ... \tag{13.4}$$

حيث λ الطول الموجي، a ترتيب السُمك، d سمك الغشاء.

مثال 13.1.94 السؤال

أوجد أقل سُمك لغشاء رقيق من الزيت معامل انكساره 1.45 لكي ينتج تداخل تعميري لشعاع ضوئي طوله الموجي في الفراغ $500nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda = 5\times10^{-7}m$ ، $n = 1.45$

التطبيق:

$$\lambda_{\text{الوسط}} = \frac{\lambda_{\text{الفراغ}}}{n_{\text{الوسط}}} = \frac{500\times10^{-9}}{1.45} = 344.82\times10^{-9}m$$

$$d_{\text{السمك}} = \frac{\lambda_{\text{الوسط}}}{4} = \frac{344.82\times10^{-9}}{4} = 86.2\times10^{-9}m$$

النتيجة: أقل سمك ينتج تداخل تعميري 86.2×10^{-9} متر.

وعند انعكاس الضوء عن وسط معامل انكساره أكبر من الوسط الأول فإن موجة الضوء تنقلب، والعكس صحيح.

- معامل الانكسار الوسط 1 <معامل انكسار الوسط 2 ←تنقلب الموجة عند انعكاسها.
- معامل الانكسار الوسط 1 >معامل انكسار الوسط 2 ←لا تنقلب الموجة عند انعكاسها.

13.1.4 حيود الشق الأحادي

عند مرور الضوء من خلال شق أحادي فإنه ينتج لدينا أهداب مضيئة وأهداب مظلمة.

$$2x_1 = \frac{2\lambda L}{w} \tag{13.5}$$

حيث λ الطول الموجي، $2x_1$ عرض الهدب المركزي المضيء، w عرض الشق، L المسافة بين الشق واللوحة التي تظهر عليها الأهداب.

شكل 13.4: حيود الشق الأحادي

مثال 13.1.95 السؤال

في تجربة الشق الأحادي استخدمنا شعاع ضوئي طوله الموجي $400\times10^{-9}m$ ليمر من خلال شق عرضه $7\times10^{-5}m$ ، أوجد عرض الهدب المركزي المتكون على شاشة تقع على بعد 1 متر؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda=400\times10^{-9}m$ ، $w=7\times10^{-5}m$ ، $L=1m$

التطبيق:

$$2x_1=\frac{2\lambda L}{w}$$

$$=\frac{2\times400\times10^{-9}\times1}{7\times10^{-5}}$$

$$=0.011m$$

النتيجة: عرض الهدب المركزي يساوي 0.011متر.

13.1.5 محزوز الحيود

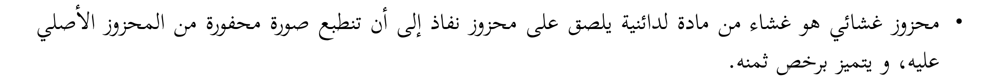
هو سطح شفاف يحتوي على عدد كبير من الأخاديد الدقيقة المتوازية.

أنواع محزوز الحيود:

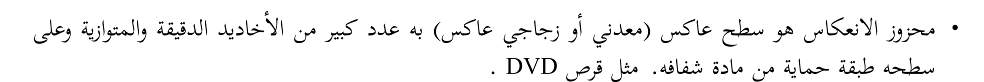
شكل 13.5: محزوز الحيود



- محزوز النفاذ هو سطح شفاف به عدد كبير من الأخاديد الدقيقة والمتوازية.



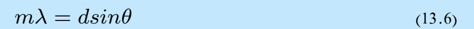
- محزوز غشائي هو غشاء من مادة لدائنية يلصق على محزوز نفاذ إلى أن تنطبع صورة محفورة من المحزوز الأصلي عليه، و يتميز برخص ثمنه.



- محزوز الانعكاس هو سطح عاكس (معدني أو زجاجي عاكس) به عدد كبير من الأخاديد الدقيقة والمتوازية وعلى سطحه طبقة حماية من مادة شفافه. مثل قرص DVD .



شكل 13.6: قرص DVD



$$m\lambda = dsin\theta \qquad (13.6)$$

حيث λ الطول الموجي، d المسافة بين الشقين، θ الزاوية بين وسط الهدب المركزي والهدب المضيء الأول، m رقم الهدب (المركزي $m=0$).

مثال 13.1.96 السؤال

في تجربة محزوز الحيود، استخدمنا محزوز البعد بين كل شقين $4\times10^{-6}m$ فتكون الهدب المضيء الأول بزاوية 10° ، احسب الطول الموجي للضوء الأحادي المستخدم ثم احسب عدد الشقوق؟

الحل

تعيين المعطيات: $d=4\times10^{-6}m$ ، $\theta=10^{\circ}$

التطبيق:

(الطول الموجي) $$m\lambda = dsin\theta$$

$$\lambda=4\times10^{-6}\times sin10$$

$$=6.94\times10^{-7}m$$

(الشقوق في المتر) $$N = \frac{1}{d}$$

$$=\frac{1}{4\times10^{-6}}$$

$$=25\times10^{-4}$$

النتيجة: الطول الموجي يساوي 6.94×10^{-7} متر.

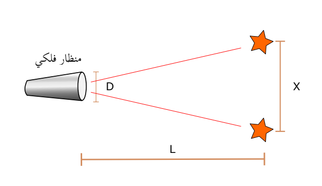
من أهم استخدامات محزوز الحيود، استخدامه في جهاز التعرف على نوع الغاز بتحليل طيفه، حيث يستخدم كبديل للمنشور.

13.1.6 معيار ريليه

معيار ريليه ينص على أنه إذا سقطت البقعة المضيئة لصوره أحد النجمين على الحلقة المعتمة الأولى للنجم الثاني تكون الصورتان في حدود التمييز.

$$x = \frac{1.22\lambda L}{D} \tag{13.7}$$

حيث λ الطول الموجي، x المسافة بين النجمين أوالجسمين، L بعد الجسمين عن المنظار، D قطر فتحة المنظار، 1.22 المعامل الهندسي.



شكل 13.7: معيار ريليه

مثال 13.1.97 السؤال

جسيمان مضيئان على بعد $370km$ يصدران ضوءا طوله الموجي $5\times10^{-7}m$ ، تم رصدهما من مقراب قطر فتحته $2.43m$ ، احسب المسافة الفاصلة بين الجسمين؟

الحل

تعيين المعطيات: $L=370km$ ، $\lambda=5\times10^{-7}m$ ، $D=2.43m$

التطبيق:

$$x=\frac{1.22\lambda L}{D}$$

$$=\frac{1.22\times5\times10^{-7}\times370\times10^{3}}{2.43}$$

$$=9.3\times10^{-2}m$$

النتيجة: المسافة الفاصلة بين الجسمين 9.3×10^{-2} متر.

13.2 التدريبات

1- في تجربة الشق الأحادي استخدمنا شعاع ضوئي طوله الموجي $560\times10^{-9}m$ ليمر من خلال شق عرضه $6\times10^{-5}m$ ، أوجد عرض الهدب المركزي المتكون على شاشة تقع على بعد 1 متر؟

الحل

تعيين المعطيات : $\lambda=560\times10^{-9}m$ ، $w=6\times10^{-5}m$ ، $L=1$

التطبيق :

$$2x_1=\frac{2\lambda L}{w}$$

$$=\frac{2\times560\times10^{-9}\times1}{6\times10^{-5}}$$

$$=0.0187m$$

2- في تجربة يونج استخدم ضوء طوله الموجي $4\times10^{-7}m$ وكانت المسافة بين شقي يونج $2\times10^{-5}m$ ، فتكون الهدب المضيء الأول على بعد $0.03m$ ، احسب المسافة بين الشقين والشاشة؟

الحل

تعيين المعطيات : $\lambda=4\times10^{-7}m$ ، $d=2\times10^{-5}m$ ، $x=0.03m$

التطبيق :

$$m\lambda=\frac{xd}{L}$$

$$L=\frac{xd}{m\lambda}$$

$$=\frac{0.03\times2\times10^{-5}}{1\times4\times10^{-7}}$$

$$=1.5m$$

3- لون فراشة المورفو ناتج عن:

ا) التداخل في الأغشية الرقيقة ✓

ب) تداخل يونج

ج) حيود الشق الأحادي

د) محزوز الحيود

4- ترتيب السمك a في قانون التداخل البناء في الأغشية الرقيقة يكون ؟

ا) أي عدد حقيقي

ب) أي عدد طبيعي

ج) أي عدد فردي ✓

د) أي عدد زوجي

5- عند حدوث تداخل للضوء الأبيض فإن هدبه المركزي يكون ؟

ا) أحمر

ب) أسود

ج) أبيض ✓

د) بنفسجي

6- ضوء مصباحي سيارة طوله الموجي $5\times10^{-7}m$ كم أبعد مسافة تسمح لعين الإنسان برؤية المصباحين منفصلين، حيث قطر بؤبؤ العين $3\times10^{-3}m$ ، والمسافة بين المصباحين $1.2m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات : $\lambda=4\times10^{-7}m$ ، $D=3\times10^{-3}m$ ، $x=1.2m$

التطبيق :

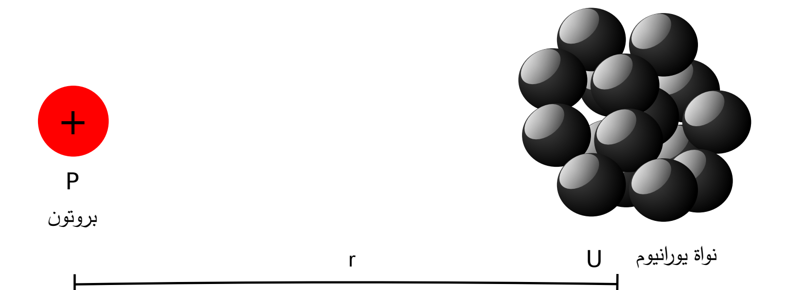
$$x=\frac{1.22\lambda L}{D}$$

$$1.2=\frac{1.22\times5\times10^{-7}\times L}{3\times10^{-3}}$$

$$L=5901m$$

14

الكهرباء الساكنة



- دراسة مكونات الذرة
- الإلكترونات والمواد
- شحنة الإلكترون

مقدمة

في موسم هطول الأمطار نشاهد البرق ينزل من السماء فمن أين جاء؟! وحين ندلك المسطرة البلاستيكية ثم نقربها من قصاصات ورقية صغيرة نلاحظ التصاقهن بها؟! وإذا سألنا الطبيب الجراح ماذا يلبس في قدميه أثناء اجراءه للعملية الجراحية؟ ستكون اجابته: جوارب بها شرائح معدنية (الألمونيوم) ؟! إن البرق هو عبارة عن شحنات كهربائية ساكنة والمسطرة تجذب قصاصات الورق لأنها مشحونة بشحنة كهربائية ساكنه، والجراح يلبس الجوارب التي بها شرائح الألمونيوم لتفريغ أي شحنات كهربائية ساكنة قد تتجمع على جسمه أو ملابسه. فما هي الكهرباء الساكنة وماذا نستفيد منها؟

لقد عرف الإنسان الكهرباء الساكنة منذ القدم فقد لاحظ اليونانيين القدماء (الاغريق) أن الكهرمان[1] إذا دلك يجذب القش، وسموا هذه الظاهرة الكهرمانية وحيث أن الكهرمان باللغة اليونانية اسمه إلكترون *electron* لهذا سموها *electric* ، واشتق العرب كلمة كهرباء من كلمة كهرمان.

14.1 الشحنات

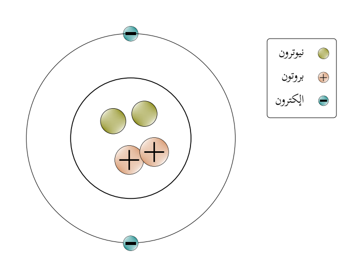
14.1.1 مكونات الذرة

الذرة هي الوحدة الأساسية المكون للمادة، وتتكون من :

1- نواة وتتكون النواة من :

- بروتونات (p^+) موجبة الشحنة
- نيوترونات (n) متعادلة الشحنة

2- إلكترونات (e^-) سالبة الشحنة



شكل 14.1: الذرة ومكوناتها

أنواع الشحنات

تنقسم الأجسام حسب شحنتها إلى ثلاثة أقسام :

أجسام شحنتها متعادلة: يتساوى فيها عدد الشحنات الموجبة مع السالبة.	أجسام شحنتها موجبة: وهي التي يزيد عدد شحناتها الموجبة عن السالبة.	أجسام شحنتها سالبة: وهي التي يزيد عدد شحناتها السالبة عن الموجبة.
متعادل الشحنة	موجب الشحنة	سالب الشحنة
4p(+)+4e(-)= 0	4p(+)+3e(-)= +1	3p(+)+4e(-)= -1

عند دلك بعض الأجسام فإنها تصبح مشحونة بشحنة موجبة مثل الصوف والزجاج، أو مشحونة بشحنة سالبة مثل البلاستيك والمطاط، وتنتج الشحنة الموجبة عن فقد الذرة لإلكترون أو أكثر بينما تنتج الشحنة السالبة عن اكتساب الذرة لإلكترون أو أكثر، أما إذا تساوى عدد الشحنات السالبة مع الموجبة فإن الجسم يكون متعادل الشحنة، إن عملية انتقال الإلكترونات من ذرة إلى أخرى تتطلب طاقة خارجية، ولهذا حين ندلك الزجاج بقطعة من الحرير فإن الطاقة الحركية للدلك تساعد إلكترونات الزجاج على الانتقال من الزجاج إلى الحرير، فيصبح الزجاج موجب الشحنة والحرير سالب الشحنة.



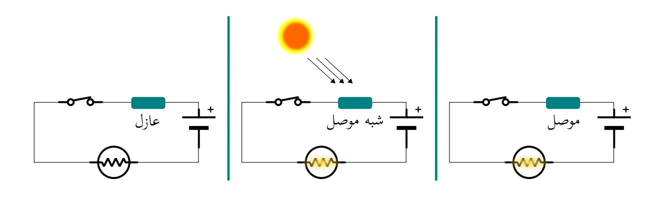
شكل 14.2: بالون سالب الشحنة يجذب الماء الموجب الشحنة[2]

إن الشحنات المتشابهة تتنافر من بعضها، والشحنات المختلفة تتجاذب مع بعضها، ولهذا تقوم بعض مصانع السيارات باستخدام طريقة ذكية لطلاء السيارات حيث توصل السيارة بقطب سالب وتوصل رأس رش الطلاء بقطب موجب، فتخرج قطرات الطلاء وهي مشحونة بشحنة موجبة، عندها تنجذب تلقائيا إلى جسم السيارة السالب وتلتصق به، وبالتالي لن تجد قطرة طلاء واحدة تسقط على الأرض، وتستخدم الشحنات الساكنة في مكائن التصوير حيث تشحن بكرة الطباعة بشحنة مخالفة لشحنة مسحوق الحبر وهذا يجعله ينجذب للبكرة ويلتصق بها، فتضغطه على الورقة، ويستخدم أيضا في تخصيب اليورانيوم (انظر فصل المفاعلات النووية في الكتاب)، كما يستخدم في الاستمطار حيث توضع مجموعة من الأبراج في المكان المطلوب، وعندما يجد الشخص المختص أن الشحنات الكهربائية في الهواء قد وصلت لدرجة معينة، يطلق شحنات كهربائية إضافية قوية من جميع الأبراج، وهذا يساعد على بدء نزول المطر بإذن الله.

[1] الكهرمان حجر كريم عبارة عن صمغ الشجر المتحجر وقد يحتوي حشرات متحجرة.

14.1.2 الإلكترونات والمواد

للإلكترونات مع المواد ثلاث حالات:



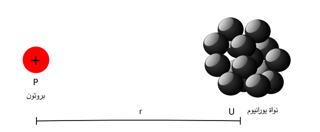
شكل 14.3: الموصلية الكهربائية في المواد

1) المواد الموصلة للكهرباء تتحرك فيها الإلكترونات بحرية وتتجمع عادة على سطحها.

2) المواد العازلة للكهرباء تبقى فيها الإلكترونات في مكانها.

3) المواد شبه الموصلة تكون حركة إلكتروناتها محدودة وترتبط عادة هذه الحركة بعوامل مثل الشوائب ودرجة الحرارة.

إن انتقال الإلكترونات وحركتها داخل المادة الموصلة كبير، ولذا يستخدم النحاس الموصل في التمديدات الكهربائية داخل المنازل وخارجها، وتستخدم أشباه الموصلات في الأجهزة الإلكترونية، لكن هذا لا يعني أن المادة العازلة لا توصل التيار الكهربائي مطلقا، إن جميع المواد لها خاصية الموصلية ويقابلها العازلية الكهربائية، وكلما زادت العازلية زادت حاجتنا لطاقة وجهد كهربائي أكبر للتغلب عليها، فالهواء عازل للكهرباء لكن عازليته تنهار ويسمح بمرور البرق الكهربائي لأن فرق جهد البرق يتجاوز 3 ملايين فولت/متر.



شكل 14.4: القوة الكهروستاتيكية بين الأجسام المشحونة

14.1.3 شحنة الإلكترون

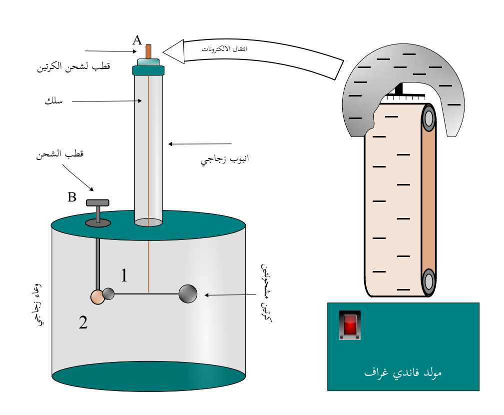
إن شحنة الإلكترون الواحد تساوي $e^{-}=1.6\times10^{-19}C$ ، والكولوم C هي وحدة الشحنة والتي تعادل شحنة 6.25×10^{18} إلكترون، وهي وحدة كبيرة لذا تستخدم الوحدات الأصغر مثل المايكرو كولوم $\mu C=1\times10^{-6}C$. وهذه الشحنات تتنافر مع بعضها إذا كانت متشابهه وتنجذب لبعضها إذا كانت مختلفة، وتسمى القوة المسببة لهذا التجاذب والتنافر بالقوة الكهربائية.

14.1.4 قانون حفظ الشحنة

نصه إن مجموع الشحنة الكلية ثابت في أي عملية.

أي أننا إذا حولنا الطاقة إلى جسيمات بناء على قانون اينشتاين $E=mc^2$ فإنه ينتج لدينا جسيم ومضاده واحدهما سالب والآخر موجب وبالتالي تبقى الشحنة الكلية كما هي، مثلا إذا نتج إلكترون سالب فإنه ينتج بوزترون موجب وبالتالي تكون محصلة الشحنات $e^{-}+p^{+}=0$ ولو حدث العكس بحيث اندمج جسيمين متضادين مثل المادة وضديد المادة فإنه ينتج لدينا طاقة $E\rightleftharpoons e^{-}+p^{+}$ وتصبح محصلة الشحنة صفر لعدم وجود الجسيمات.

14.1.5 قانون كولوم



شكل 14.5: تجربة قانون كولوم

قام كولوم[2] بتجربته الشهيرة لدراسة تأثير الشحنة والمسافة بين جسمين على القوة المؤثرة بينهما. فقام أولا بشحن الكرتين المعلقتين في وسط الجهاز باستخدام مولد فاندي غراف في النقطة A ، فأصبحت الكرة 1 مشحونة بشحنة سالبة، ثم قام بشحن الكرة 2 عن طريق القطب B ، فلاحظ أن الكرتين تتجاذب إذا كانت شحنة الكرة 2 موجبة، وتتنافر إذا كانت شحنتها سالبة، وهذا يعني أن الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب. ثم أنتقل إلى مرحلة أدق في تجربته، فبدأ يزيد من مقدار الشحنة المستخدمة، فوجد أن التنافر أو التجاذب يزداد بزيادة الشحنة، أي أن القوة تتناسب طرديا مع الشحنة $F \propto q_1 q_2$ ، بعد ذلك قام بدراسة تأثير عامل المسافة بينهما، فوجد أن القوة تقل بزيادة المسافة بينهما، وهذا يعني أن التناسب بين القوة والمسافة تناسب عكسي $F \propto \frac{1}{r^2}$ ، وبمزيد من الدراسة توصل لقانونه المعروف باسمه.

قانون كولوم تتناسب القوة الكهروستاتيكية بين اثنين من نقاط الشحنات الكهربائية تناسبا طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين ، وعكسيا مع مربع المسافة بينهما.

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2} \tag{14.1}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

حيث F قوة التجاذب بين الشحنتين، q_1q_2 شحنتي الجسمين، r المسافة بين مركزي الجسمين، k ثابت كولوم ويساوي $k = 9\times 10^9 N.m^2/C^2$.

نلاحظ من القانون أن القوة الكهروستاتيكية تتناسب عكسيا مع المسافة بين الشحنتين، أي تزيد القوة بنقصان المسافة بينهما وتقل بزيادتها. وفي حالة وجود أكثر من شحنتين يتم إيجاد محصلة القوى بنفس طريقة إيجاد محصلة القوى العادية، فإذا كان بينهما زاوية قائمة نستخدم $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ على مرحلتين، وإذا لم تكن الزاوية قائمة يتم إيجاد المحصلة بالتحليل.

مثال 14.1.98 السؤال

احسب قوة التنافر الناتجة عن قذف بروتون موجب باتجاه نواة ذرة اليورانيوم التي تحتوي 92 بروتون على اعتبار نواة اليورانيوم شحنة نقطية ، وذلك عندما كانت المسافة بينهما $1\times 10^{-11} m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q_1 = q_2 = 1.6\times 10^{-19} C$ ، $r = 1\times 10^{-11} m$

التطبيق:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$= \frac{9\times 10^9 \times 92 \times 1.6\times 10^{-19} \times 1.6\times 10^{-19}}{(1\times 10^{-11})^2}$$

$$= 2.1\times 10^{-4} N$$

النتيجة: قوة التنافر بين البروتون ونواة ذرة اليورانيوم 2.1×10^{-4} نيوتن.

[2] تشارلز كولوم عالم فرنسي توفي عام 1806م.

14.2 التدريبات

1- احسب قوة التجاذب الناتجة عن قذف إلكترون سالب باتجاه نواة ذرة البلوتونيوم التي تحتوي 94 بروتون على اعتبار نواة اليورانيوم شحنة نقطية ، وذلك عندما كانت المسافة بينهما $1.3\times10^{-11}m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=1.3\times10^{-11}m$

التطبيق:

$$F=\frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$=\frac{9\times10^9\times94\times1.6\times10^{-19}\times-1.6\times10^{-19}}{(1\times10^{-11})^2}$$

$$=-1.3633\times10^{-6}N$$

2- ما هي وحدة ثابت كولوم ؟

ا) N

ب) N/m

ج) N/m^2

د) $N.m^2/C^2$ ✓

3- إذا قمنا بتوجيه قضيب مشحون نحو ورقتي كشاف مشحونة، فانفرجت، هذا يدل على أن شحنتي الورقتين ؟

ا) متشابهتين ✓

ب) مختلفتين

ج) صفر

د) متعادلتين

4- احسب القوة التي تؤثر بها شحنة مقدارها $4\times10^{-9}C$ على شحنة موجبة مقدارها $1C$ وتبعد $1m$ ؟ $F=\frac{kq_1q_2}{r^2}$

ا) $36N$ ✓

ب) $6N$

ج) $4N$

د) $2\times10^{-9}N$

5- احسب القوة التي تؤثر بها أربع شحنات موضوعة في أركان مربع طول ضلعه $10cm$ على نقطة في مركز المربع، حيث شحنة كل منها $13\mu C$ ؟

ا) $152N$

ب) $0N$ ✓

ج) $304N$

د) $608N$

6- إذا كانت شحنة الجسم النقطي A تساوي $6C$ و شحنة الجسم النقطي الثاني B تساوي $2C$ فإن قوة التأثير بينهما ؟ (تذكر قانون نيوتن الثالث)

ا) $F_A=-F_B$ ✓

ب) $F_A=-3F_B$

ج) $3F_A=-F_B$

د) 0

7- إذا اردنا زيادة القوة بين شحنتين نقطيتين فإننا ؟

ا) نزيد الشحنة ونزيد المسافة بينهما.

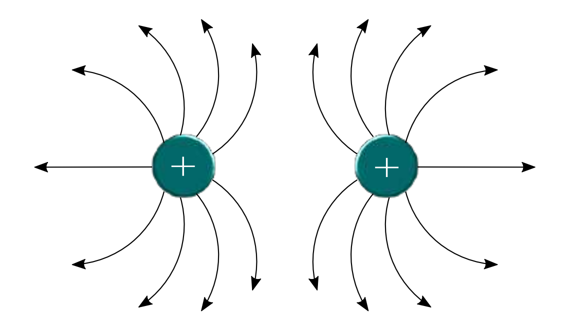
ب) نزيد الشحنة وننقص المسافة بينهما. ✓

ج) ننقص الشحنة ونزيد المسافة بينهما

د) ننقص الشحنة وننقص المسافة بينهما.

15

المجالات الكهربائية



- شدة المحال الكهربائي
- قوة المجال الكهربائي
- السعة والمكثفات

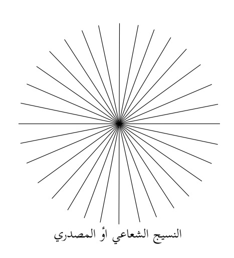


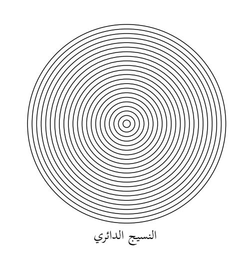
مقدمة

15.1 المجال الكهربائي

المجال الكهربائي عبارة عن كمية فيزيائية لها مقدار واتجاه عند كل نقطة في الفضاء، وتكون هذه المجالات ثلاثية الأبعاد، لكن للتبسيط ترسم في بعدين، ويحتوي رسم كل مجال على ثلاث عناصر:

- مخطط المجال المتجهي: ويمثل بأسهم تختلف في أطوالها وألوانها.
- خطوط المجال: وهي خطوط تنحرف بتأثير حقل المجال عند كل نقطة على طول الخط ولا يمكن أن تتقاطع مع بعضها.
- بذور العشب: ويقصد بها نسيج من الأشرطة المتوازية في حقل المجال.[10]





شكل 15.1: نسيج المجال

وعلى الرغم من أننا لا نستطيع تحديد الاتجاه المطلق، إلا أنه يمكننا تحديد الاتجاه النسبي.
مجال الجاذبية الأرضية مثال مشهور على المجالات، حيث يكون اتجاه قوة مجال الجاذبية الأرضية متجها إلى مركز الأرض:

$$\vec{F_g} = -G\frac{Mm}{r^2}\hat{r}$$ (قوة الجاذبية الأرضية)

$$\vec{g} = \frac{\vec{F_g}}{m} = -\frac{GMm/r^2}{m}\hat{r} = -G\frac{M}{r^2}\hat{r}$$ (مجال الجاذبية الأرضية)

15.1.0.1 الشحنة الكهربائية

يوجد نوعين من الشحنات الكهربائية: الموجبة والسالبة، ووحدتها كولوم C .
شحنة الإلكترون السالب أو البروتون الموجب:

$$\pm e = \pm 1.6 \times 10^{-19} C$$

$$Q = \pm Ne$$ الشحنة المكممة quantized

$$n \to p + e^- + \bar{v} \qquad e^+ + e^- \to \gamma + \gamma$$ الشحنة المحفوظة conserved

15.1.0.2 القوة الكهربائية بين الشحنات

قوة تجاذب إذا كانت الشحنات مختلفة. وقوة تنافر إذا كانت الشحنات متشابهة.

تجاذب r q_1 q_2 F_1 F_2 تنافر

شكل 15.2: القوة الكهربائية

15.1.1 ثنائي القطب

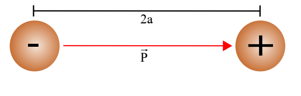
الأجسام التي تحوي شحنة كهربائية قد يكون لها قطب واحد مثل كرة تتجمع الشحنات السالبة على سطحها، وقد يكون لها قطبين مثل طرفي بطارية كهربائية، ويسمى الجسم في هذه الحالة ثنائي القطب، وتعمل هذه الأقطاب على تكوين المجالات الكهربائية المحيطة بالشحنة.

ثنائي القطب له قطبين كهربائيين أحدهما سالب والآخر موجب، ويوجد نوعين من ثنائيات القطب:

1) ثنائي قطب فعّال: ينتج الطاقة الكهربائية من مصدر مثل المولد والبطارية.

2) ثنائي قطب غير فعّال: يستهلك الطاقة الكهربائية مثل المقاومات والملفات.

15.1.1.1 عزم ثنائي القطب



شكل 15.3: عزم ثنائي القطب

يوجد لثنائيات القطب الكهربائية عزم يسمى عزم ثنائي القطب، ويعتمد على الشحنة والبعد بين القطبين.

$$\vec{P} = q \times 2a \tag{15.1}$$

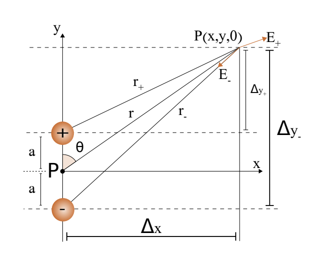
حيث P عزم ثنائي القطب من القطب السالب إلى القطب الموجب، و q الشحنة الكهربائية، و $2a$ المسافة بين مركزي القطبين.

15.1.1.2 تكوين المجال الكهربائي لثنائي القطب

$$\frac{\hat{r}}{r^2} = \frac{\vec{r}}{r^3} = \frac{\Delta x}{r^3}\hat{i} + \frac{\Delta y}{r^3}\hat{j}$$

$$E_x = k_e q\left(\frac{\Delta x}{r_+^3} - \frac{\Delta x}{r_-^3}\right) = k_e q\left(\frac{x}{\left[x^2+(y-a)^2\right]^{3/2}} - \frac{x}{\left[x^2+(y+a)^2\right]^{3/2}}\right) \tag{15.2}$$

$$E_y = k_e q\left(\frac{\Delta y_+}{r_+^3} - \frac{\Delta y_-}{r_-^3}\right) = k_e q\left(\frac{y-a}{\left[x^2+(y-a)^2\right]^{3/2}} - \frac{y+a}{\left[x^2+(y+a)^2\right]^{3/2}}\right) \tag{15.3}$$



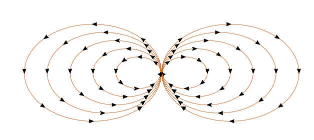
شكل 15.4: مجال ثنائي القطب

ثنائية القطب النقطية

$$r >> a$$

$$E_x \rightarrow \frac{3p}{4\pi\varepsilon_0 r^3} sin\theta cos\theta \tag{15.4}$$

$$E_y \rightarrow \frac{p}{4\pi\varepsilon_0 r^3}(3cos^2\theta - 1) \tag{15.5}$$


شكل 15.5: ثنائية القطب النقطية

15.1.1.3 شدة المجال الكهربائي (E)

شدة المجال الكهربائي هي كمية فيزيائية متجهة تصف القوة التي يؤثر بها مجال كهربائي على شحنة كهربائية.

$$E = \frac{F}{q} \tag{15.6}$$

حيث E شدة المجال الكهربائي، F القوة المؤثرة على الشحنة، q شحنة الاختبار.

مثال 15.1.99 السؤال

احسب شدة المجال الكهربائي عند شحنة نقطية مقدارها $6\mu C$ تؤثر عليها قوة مقدارها $3N$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $F{=}3N$ ، $q{=}6{\times}10^{-6}C$

التطبيق:

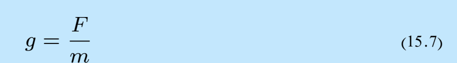
$E{=}\frac{F}{q}$

${=}\frac{3}{6{\times}10^{-6}}$

${=}5{\times}10^{5}N/C$

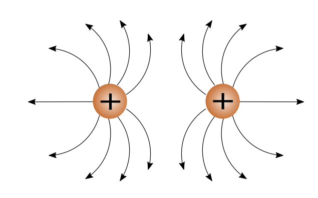
النتيجة: شدة المجال الكهربائي تساوي $5{\times}10^{5}$ نيوتن / كولوم.

15.1.1.4 شدة مجال الجاذبية (g)



$$g = \frac{F}{m} \tag{15.7}$$

حيث g شدة مجال الجاذبية، F القوة المؤثرة على الشحنة، m كتلة الجسم.



شكل 15.6: شحنتان متشابهتان

شكل 15.7: شحنتان مختلفتان

15.1.1.5 قوة المجال الكهربائي على جسيم

عند اقتراب شحنتين من بعضهما، تنشأ قوة تجاذب ، أو تنافر بينهما، تجاذب إذا اختلفا في الشحنة، وتنافر إذا تشابها في الشحنة. وهذه القوة تتناسب طرديا مع مقدار الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

$$F = \frac{kQq}{r^2} \tag{15.8}$$

حيث $k{=}8.9875{\times}10^{9}Nm^2/C^2$.

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQ\not{q}}{r^2} \times \frac{1}{\not{q}} = \frac{kQ}{r^2} \tag{15.9}$$

حيث F قوة المجال الكهربائي، Q الشحنة الناتجة عن المجال الكهربائي، q شحنة الجسيم، r المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم، k ثابت كولوم، وتكون إشارة Q موجبة إذا كانت اتجاه المجال خارج من الشحنة، وتكون الإشارة سالبة إذا كان اتجاه المجال داخل إلى الشحنة.

وعند وجود أكثر من شحنتين فإن محصلة الشحنات تحسب بالقانون:

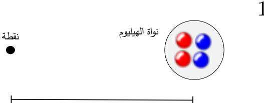
$$\vec{F} = \sum_{i=1}^{N} \vec{F_i} \quad \& \quad \vec{E} = \sum_{i=1}^{N} \vec{E_i} \tag{15.10}$$

مثال 15.1.100 السؤال

أحسب شدة المجال الكهربائي على بعد $0.1nm$ من نواة ذرة الهيليوم؟

الحل

تعيين المعطيات: $q{=}1.6{\times}10^{-19}C$ ، $r{=}0.1{\times}10^{-9}m$



التطبيق: شحنة نواة الهيليوم

$q{=}2{\times}1.6{\times}10^{-19}$

$={3.2}{\times}10^{-19}C$

(شدة المجال الكهربائي) $E = \frac{Kq}{r^2}$

$=\frac{9{\times}10^{9}{\times}3.2{\times}10^{-19}}{(0.1{\times}10^{-9})^2}$

$=28.8{\times}10^{10}N/C$

النتيجة: شدة المجال الكهربائي $28.8{\times}10^{10}$ نيوتن / كولوم.

15.1.1.6 الطاقة الكهربائية الكامنة بين جسيمين مشحونين

$$PE = \frac{kq_1q_2}{r} \quad (15.11)$$

حيث PE الطاقة الكهربائية الكامنة بين الجسمين، $q_1 q_2$ شحنتي الجسيمين، r المسافة بين مصدر الشحنة والجسيم، k ثابت كولوم.

مثال 15.1.101 السؤال

احسب الطاقة الكامنة بين جسيمين مشحونين بشحنة موجبه $q_1{=}2\mu C$ و $q_2{=}3\mu C$ والمسافة بينهما $10cm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q_1{=}2\mu C$ ، $q_2{=}3\mu C$ ، $r{=}0.1m$

التطبيق:

$PE{=}\frac{kq_1q_2}{r}$

$=\frac{9{\times}10^{9}{\times}2{\times}10^{-6}{\times}3{\times}10^{-6}}{0.1}$

$=0.54J$

النتيجة: الطاقة الكامنة بين الجسمين المشحونين 0.54 جول.

15.1.1.7 فرق جهد الطاقة الكهربائية الكامنة

$$V = \frac{PE}{q} \quad (15.12)$$

حيث V فرق الجهد الكهربائي، PE الطاقة الكهربائية الكامنة، q شحنة الجسيم.

مثال 15.1.102 السؤال

احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها $8nC$ وفرق جهده مع محيطه $150V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=8\times10^{-9}C$ ، $V=150V$

التطبيق:

$V=\frac{PE}{q}$

$PE=Vq$

$=150\times8\times10^{-9}$

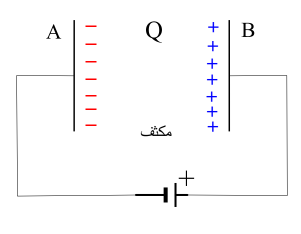
$=1.2\times10^{-6}J$

النتيجة: الطاقة الكهربائية الكامنة 1.2×10^{-6} جول.

15.1.1.8 السعة والمكثفات

السعة الكهربائية هي كمية تعبر عن مقدرة المكثف على حفظ وتخزين الشحنات الكهربائية. وتقاس بوحدة فاراد[1].

يتكون المكثف من لوحين (A و B) أحدهما يوصل بالقطب السالب والآخر بالقطب الموجب للبطارية (المصدر)، عندها تنتقل الإلكترونات من البطارية إلى اللوح A الموصول بالقطب السالب، وتتجمع عليه، وهذا يحدث تنافر مع إلكترونات اللوح المقابل B ، فتبتعد عن سطح اللوح، وهذا ينتج فرق جهد بين اللوح A السالب واللوح B الموجب، وتستمر زيادة فرق الجهد إلى أن يصبح فرق جهد المكثف مساوي لفرق جهد البطارية، عندها تتوقف عملية الشحن، ونقول أن المكثف مشحون.



شكل 15.8: المكثف

$$C=\frac{q}{\Delta V} \qquad (15.13)$$

حيث ΔV فرق الجهد الكهربائي، C السعة الكهربائية، q الشحنة.

مثال 15.1.103 السؤال

سطح يحمل شحنة مقدارها $6nC$ وفرق جهده مع محيطه $200V$ ، أحسب السعة الكهربائية من السطح ومحيطه ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=6\times10^{-9}C$ ، $V=200V$

التطبيق:

$C=\frac{q}{V}$

$=\frac{6\times10^{-9}}{200}$

$=3\times10^{-11}F$

النتيجة: السعة الكهربائية تساوي 3×10^{-11} فاراد.

الطاقة المخزنة في المكثف

$$E=\frac{1}{2}QV \qquad (15.14)$$

حيث E الطاقة المخزنة في المكثف، V فرق الجهد الكهربائي، Q الشحنة.

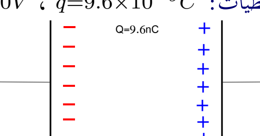
[1] نسبة لمايكل فارادى، كيميائي وفيزيائي انجليزي توفي عام 1867م.

مثال 15.1.104 السؤال

مكثف شحنته $9.6nC$ وفرق الجهد بين طرفيه $120V$، احسب الطاقة المخزنة فيه ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=9.6\times10^{-9}C$ ، $V=120V$



التطبيق:

$$E=\frac{1}{2}QV$$

$$=0.5\times9.6\times10^{-9}\times120$$

$$=5.76\times10^{-7}J$$

النتيجة: الطاقة المخزنة في المكثف تساوي 5.76×10^{-7} جول.

15.2 التدريبات

1- احسب الطاقة الكهربائية الكامنة في سطح يحمل شحنة مقدارها $35nC$ وفرق جهده مع محيطه $120V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $q=35\times10^{-9}C$ ، $V=120V$

التطبيق:

$$E=\frac{1}{2}QV$$

$$=0.5\times35\times10^{-9}\times120$$

$$=2.1\times10^{-6}J$$

2- ما هي وحدة فرق الجهد الكهربائي ؟

ا) V ✓

ب) C

ج) N/C

د) N

3- إذا كانت شدة المجال الكهربائي $2000N/C$ ، والمسافة بين السطحين $3m$ ، احسب فرق الجهد بينهما ؟

$E=\frac{v}{d}$

ا) $1000V$

ب) $666.6V$

ج) $6000V$ ✓

د) $2003V$

4- يجب أن تكون شحنة الاختبار في المجال الكهربائي ؟

ا) صغيرة وموجبة ✓

ب) كبيرة وموجبة

ج) صغيرة وسالبة

د) كبيرة وسالبة

5- احسب شدة المجال الكهربائي بين قطبين يبعدان عن بعضهما $4m$ وفرق الجهد بينهما $220V$ ؟

$E=\frac{v}{d}$

ا) $55N/C$ ✓

ب) $880N/C$

ج) $220N/C$

د) $16N/C$

6- احسب القوة الكهربائية التي تؤثر بها شحنة $4\times10^{-9}C$ ، على شحنة اختبار موجبة مقدارها $1C$ وتبعد $1m$ ؟

$F=\frac{Kq_1q_2}{r^2}$

ا) $36N$ ✓

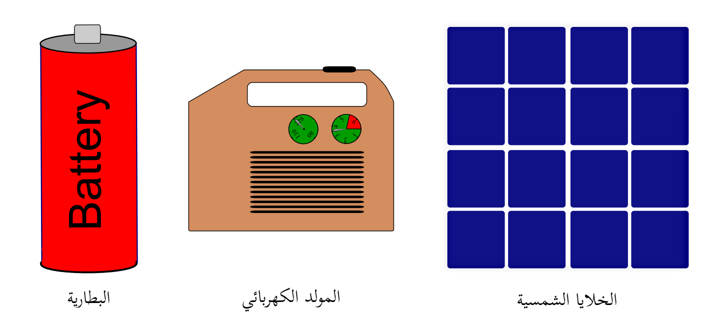
ب) $100N$

ج) $13N$

د) $8.5N$

16

التيار المستمر



- مصادر التيار الكهربائي
- التيار الكهربائي والشحنة
- المقاومة الكهربائية

مقدمة

التيار الكهربائي هو سيل من الإلكترونات، تنتقل في مادة موصلة للتيار الكهربائي.

إن استخدام الناس لمصطلح »استهلاك الكهرباء« أدى إلى ترسيخ مفهوم خاطئ عن التيار الكهربائي، فأصبحنا نعتقد أن الأجهزة الكهربائية تلتهم الإلكترونات مثلما يفعل باكمان ، أي بما أن التيار هو سيل من الإلكترونات إذاً الأجهزة تستهلك الإلكترونات؟! ، بينما الحقيقة أن الإلكترونات تعمل مثل جنزير الدراجة الذي ينقل الحركة من الدواسة إلى العجلة الخلفية. إن الإلكترونات تنقل الطاقة الحركية من قلب مولد الكهرباء المتحرك إلى الجهاز الكهربائي في رحلة قد تبلغ مئات الكيلومترات، ، إن الأجهزة الكهربائية لا تستهلك الكهرباء أي لا تستهلك الإلكترونات وإنما تقوم بانتزاع جزء من الطاقة الحركية لإلكترونات التيار لإنتاج الضوء أو الصوت أو الحرارة أو . . . .

16.0.0.1 مصادر التيار الكهربائي

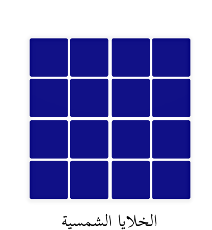
⋆ ومضة

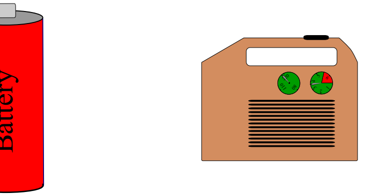
كان الناس يستخدمون مولدات التيار المستمر،ثم تم اختراع مولدات التيار المتردد فتم الانتقال لها.

يوجد للتيار الكهربائي عدة مصادر أهمها المولدات والبطاريات والخلايا الشمسية، وتنتج هذه المصادر نوعين من التيار الكهربائي:

1) التيار المستمر DC

2) التيار المتردد AC





الخلايا الشمسية المولد الكهربائي البطارية

شكل 16.1: من مصادر التيار الكهربائي

16.1 التيار والشحنة

التيار الكهربائي هو عبارة عن تدفق من الشحنات الكهربائية.ووحدته الأمبير.[1]

الأمبير هو انتقال تيار شحنته 1 كولوم خلال ثانية واحدة.

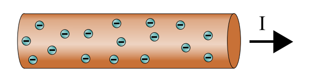
⋆ ومضة

في خطوط الضغط العالي يرفع فرق الجهد لتقليل التيار (عدد الإلكترونات) فتقل التصادمات ولا يسخن السلك بدرجة عالية.

إن التيار الكهربائي عبارة عن إلكترونات حرة تتحرك في مواد موصلة للتيار الكهربائي، وإلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار، بمعنى أن الإلكترونات لا تسير في شكل سلاسل مستقيمة من المولد أو البطارية إلى المصباح، وإنما يتحرك كل إلكترون بصورة فردية لكن في نفس اتجاه التيار، وهذا يسبب اصطدامات كثيرة جدا بين الإلكترونات، وهذه التصادمات تؤدي إلى فقد الإلكترونات لجزء من طاقتها الحركية على شكل حرارة في الأسلاك.

$$I = \frac{q}{t} \tag{16.1}$$

حيث I شدة التيار، q الشحنة، t الزمن.



شكل 16.2: إلكترونات التيار الكهربائي تسير بسرعة كبيرة وبحركة عشوائية في اتجاه التيار

مثال 16.1.105 السؤال

إذا كان التيار المنزلي الداخل إلى المنزل $I=$ $5A$ خلال زمن $t=2min$ فاحسب الشحنة الكهربائية الداخلة ؟

الحل

تعيين المعطيات : $I=5A$ ، $t=3min=120s$

التطبيق :

$$q=It$$
$$=5\times120$$
$$=600C$$

النتيجة: الشحنة الكهربائية الداخلة 600 كولوم.

---

[1] أمبير فيزيائي فرنسي توفي عام 1836م.

⋆ ومضة

كمية الطاقة الشمسية الساقطة على الأرض 1353 جول/متر مربع.ثانية ويسمى الثابت الشمسي، وينعكس 30% منها في الغلاف الجوي.

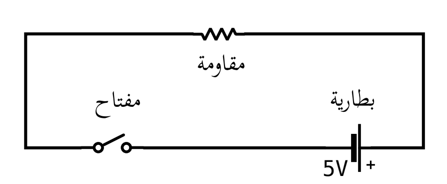
اتجاه التيار الكهربائي

- الاتجاه الهندسي (الافتراضي) للتيار الكهربائي ويكون من القطب الموجب للقطب السالب.
- الاتجاه الفيزيائي (الحقيقي) للتيار الكهربائي ويكون من القطب السالب للقطب الموجب.

وفي قوانين مادة الفيزياء نعتبر أن اتجاه انتقال التيار يكون من القطب الموجب ذي الجهد العالي إلى القطب السالب ذي الجهد المنخفض، لأن قوانين الكهرباء الأساسية وضعت قبل أن يكتشف العلماء أن شحنة الإلكترون سالبة وليست موجبة، وأصبح من الصعب تعديل كل كتب الكهرباء بعد ذلك.

16.1.0.1 الدائرة المغلقة

الدائرة الكهربائية المغلقة هي مسار مغلق بدون فواصل أو فراغات وتحتوي على مصدر للطاقة الكهربائية.



شكل 16.3: دائرة كهربائية

مكونات الدائرة الكهربائية

يمكن أن تحتوي الدائرة الكهربائية على عدة مكونات مثل البطاريات والمقاومات والمكثفات والمحركات، ولهذا تستخدم رموز متعارف عليها للدلالة على كل واحد من هذه المكونات ويمكننا الإطلاع على أشهر هذه الرموز في نهاية الكتاب (أنظر الملحقات).

16.2 القدرة الكهربائية والشغل والتيار

$$P = \frac{W}{t} \tag{16.2}$$

$$P = VI \tag{16.3}$$

حيث P القدرة، V فرق الجهد الكهربائي، t الزمن، I شدة التيار الكهربائي، W الشغل.

مثال 16.2.106 السؤال

ما مقدار القدرة عندما يكون فرق الجهد V=6V وشدة التيار I=1.4A ؟

الحل

تعيين المعطيات: V=6V ، I=1.4A

التطبيق:

$$P = VI$$

$$= 6 \times 1.4$$

$$= 8.4W$$

النتيجة: القدرة الكهربائية تساوي 8.4 وات.

16.3 المقاومة الكهربائية

المقاومة الكهربائية هي قابلية المواد لمقاومة مرور التيار. ووحدتها الأوم[2].

[2] أوم فيزيائي الماني توفي عام 1854م.



شكل 16.4: المقاومة الكهربائية[2]

قانون أوم

تتناسب شدة التيار المار في موصل تناسبا طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه مع ثبوت درجة الحرارة.

$$R = \frac{V}{I} \qquad (16.4)$$

حيث I شدة التيار، V فرق الجهد الكهربائي، R المقاومة الكهربائية.

مثال 16.3.107 السؤال

مقاومة 60Ω وفرق الجهد المؤثر عليها $220V$ ،
احسب التيار الخارج؟

الحل

تعيين المعطيات: $R{=}60\Omega$ ، $V{=}220V$

التطبيق:

$$I{=}\frac{V}{R}$$

$$={\frac{220}{60}}$$

$$=3.66A$$

النتيجة: التيار الكهربائي الخارج من المقاومة يساوي 3.66 أمبير.

قانون أوم للدائرة المغلقة

$$V_B{=}I\times(R{+}r)$$

حيث V_B القوة الدافعة الكهربائية، R المقاومة الخارجية، r المقاومة الداخلية للمصدر الكهربائي.

القوة الدافعة الكهربائية هي الشغل المبذول داخل وخارج العمود (المصدر) لنقل شحنة مقدارها $1C$ داخل الدائرة الكهربائية.

القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد

$$V{=}V_B{-}Ir$$

حيث V فرق الجهد الكهربائية، V_B القوة الدافعة الكهربائية، r المقاومة.

مثال 16.3.108 السؤال

احسب شدة التيار الكلي في دائرة مغلقة تحتوي بطارية جهدها $1.5V$ ومقاومتها الداخلية 0.1Ω ، ومقاومة خارجية 2Ω ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V_B{=}1.5V$ ، $R{=}2\Omega$ ، $r{=}0.1\Omega$

التطبيق:

$$V_B{=}I\times(R{+}r)$$

$$I{=}\frac{V_B}{R{+}r}{=}\frac{1.5}{2{+}0.1}$$

$$=0.71A$$

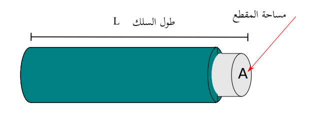
النتيجة: شدة التيار الكلي في الدائرة يساوي 0.71 أمبير.

16.4 المقاومة النوعية أو المقاومية

هي خاصية للمادة توضح قابلية المادة لتوصيل التيار الكهربائي. ووحدتها $\Omega.m$.

$$R = \rho \frac{L}{A} \tag{16.5}$$

حيث ρ المقاومة النوعية أو المقاومية وتنطق رو ، L طول السلك الناقل، A مساحة المقطع العرضي للسلك الناقل، R المقاومة الكهربائية.



شكل 16.5: المقاومة النوعية

أي أن مقاومة المادة للتيار الكهربائي، أو موصليته، تعتمد على طوله ومساحة مقطعه ونوعه، وذلك عند ثبوت درجة الحرارة.

مثال 16.4.109 السؤال

احسب مقاومة سلك من النحاس طوله $20cm$ ومساحة مقطعه $1.5mm^2$ والمقاومة النوعية للنحاس $1.68\times10^{-8}\Omega.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\sigma=1.68\times10^{-8}\Omega$ ، $L=20cm=0.2m$ ، $A=1.5mm^2$

التطبيق:

$$R=\sigma\frac{L}{A}$$

$$=1.68\times10^{-8}\times\frac{20\times10^{-2}}{1.5\times10^{-6}}$$

$$=22.4\times10^{-4}\Omega$$

النتيجة: مقاومة السلك النحاسي تساوي 22.4×10^{-4} أوم.

16.5 القدرة الكهربائية والمقاومة

القدرة الكهربائية هي معدل تدفق الطاقة الكهربائية في موصل، ووحدتها الوات[3].

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R} \tag{16.6}$$

حيث P القدرة الكهربائية، V فرق الجهد، I شدة التيار، R المقاومة الكهربائية.

مثال 16.5.110 السؤال

إذا كان لدينا تيار متردد فرق جهده $110V$ يمر بمقاومة مجهولة معطيا قدرة مقدارها $1000W$، احسب المقاومة المستخدمة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $P=1000W$ ، $V=110V$

التطبيق:

$$R=\frac{V^2}{P}$$

$$=\frac{110^2}{1000}$$

$$=12.1\Omega$$

النتيجة: المقاومة المجهولة تساوي 12.1 أوم.

16.6 الطاقة الكهربائية أو الشغل

$$E_{\text{الطاقة}} = W_{\text{الشغل}} = P.\Delta t \tag{16.7}$$

$$W=Vq$$

[3] وات مهندس انجليزي حسّن المحرك البخاري، وابتكر وحدة الحصان للقدرة، توفي عام 1819م.

حيث E الطاقة الكهربائية، W الشغل، P القدرة، Δt الزمن.

مثال 16.6.111 السؤال

احسب الطاقة الكهربائية المارة في المقاومة الموجودة في المثال السابق خلال 40 ثانية ؟

الحل

تعيين المعطيات: $t=40s$

التطبيق:

$$E=P.\Delta t$$

$$=1000\times 40$$

$$=40000J$$

النتيجة: الطاقة الكهربائية المارة في المقاومة تساوي 40 كيلوجول.

16.7 التدريبات

1- احسب مقاومة سلك من النحاس طوله $30cm$ ومساحة مقطعة $2mm^2$ والمقاومة النوعية للنحاس $1.68 \times 10^{-8}\Omega.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $L{=}30cm$ ، $A{=}2mm^2$ ، $\sigma{=}1.68{\times}10^{-8}\Omega$

التطبيق:

$$R{=}\sigma\frac{L}{A}$$

$$={1.68}{\times}10^{-8}{\times}\frac{30{\times}10^{-2}}{2{\times}10^{-6}}$$

$$={2.52}{\times}10^{-3}\Omega$$

2- ما هي وحدة القدرة الكهربائية ؟

ا) N

ب) A

ج) W ✓

د) V

3- خلية شمسية تنتج تيار كهربائي شدته $0.5A$ و فرق جهده $12V$ ، احسب الزمن اللازم لإنتاج تيار طاقته $600J$ ؟

ا) $3600s$

ب) $50s$

ج) $100s$ ✓

د) $300s$

4- طفل لديه لعبة، إذا حركها تنتج ضوء، ماذا تحتوي هذه اللعبة ؟

ا) محرك كهربائي

ب) مولد كهربائي ✓

ج) سخان كهربائي

د) مروحة كهربائية

5- في أشباه الموصلات الخيالية، أي فجوة طاقة تعطي أعلى موصلية ؟

ا) $1.2eV$

ب) $1eV$

ج) $0.9eV$

د) $0.7eV$ ✓

6- أوجد التيار إذا كانت القدرة تساوي $1100W$ ، وفرق الجهد $220V$ ؟

ا) $5A$ ✓

ب) $8A$

ج) $20A$

د) $4A$

7- تستخدم المقاومة المتغيرة في الدائرة الكهربائية للتحكم في ؟

ا) فرق الجهد الكهربائي

ب) شدة التيار ✓

ج) شدة المجال

د) شدة المجال المغناطيسي

8- النسبة بين الشغل اللازم لتحريك الشحنة ومقدارها يسمى ؟

ا) الجهد الكهربائي ✓

ب) شدة التيار

ج) السعة الكهربائية

د) المجال المغناطيسي

9- التوصيل الكهربائي يكون أسرع في ؟

ا) الحديد ✓

ب) الاكسجين

ج) الزيت

د) الفراغ

10- يعبر عن الشحنات التي تعبر مقطع السلك خلال ثانية واحدة ؟

ا) التيار الكهربائي ✓

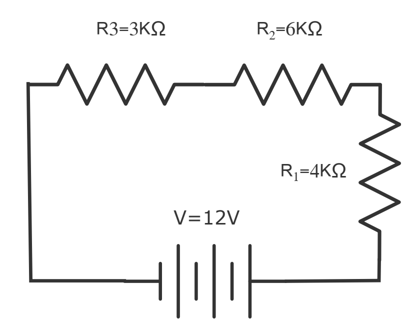
ب) المقاومة الكهربائية

ج) الجهد الكهربائي

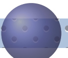
د) المجال الكهربائي

17

التوصيل على التوالي والتوازي



- التوصيل على التوالي
- التوصيل على التوازي



مقدمة

17.1 التوصيل على التوالي

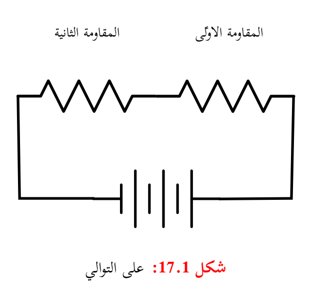
التوصيل على التوالي هو دائرة كهربائية يتم فيها توصيل المكون الكهربائي بسلك دخل واحد وسلك خرج واحد.

المقاومة الكهربائية هي إعاقة المادة لمرور التيار الكهربائي (الإلكترونات) خلالها.

المقاومات على التوالي عند توصيلنا للمقاومات على التوالي نحصل على مقاومة كبيرة تعيق مرور التيار الكهربائي في الدائرة .

$$R = R_1 + R_2 \Rightarrow R = \sum R_n \qquad (17.1)$$

حيث R المقاومة الكلية في الدائرة، R_1المقاومة الأولى، R_2 المقاومة الثانية.



شكل 17.1: على التوالي

مثال 17.1.112 السؤال

احسب المقاومة الكلية في الدائرة التالية:

الحل

تعيين المعطيات:

التطبيق:

$$R_{\text{الكلية}} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 4000 + 6000 + 3000$$

$$= 13K\Omega$$

النتيجة: المقاومة الكلية في الدائرة 13 كيلو أوم.

شدة التيار على التوالي شدة التيار الكهربائي تبقى ثابته ولا تتأثر عند توصيل المقاومات على التوالي.

$$I = I_1 = I_2 \qquad (17.2)$$

حيث I شدة التيار الكلية في الدائرة، I_1شدة التيار الأولى، I_2 شدة التيار الثانية.

مثال 17.1.113 السؤال

احسب التيار الكلي في الدائرة السابقة:

الحل

تعيين المعطيات:

التطبيق:

$$I_{\text{الكلي}} = \frac{E_{\text{الكلي}}}{R_{\text{الكلية}}}$$

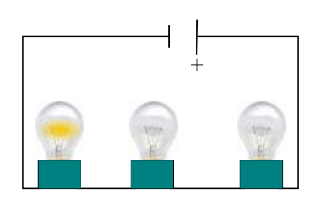
$$= \frac{12}{13000}$$

$$= 9.2 \times 10^{-4} A$$

النتيجة: التيار الكلي في الدائرة 9.2×10^{-4} أوم.

فرق الجهد الكهربائي على التوالي فرق الجهد الكهربائي هو الطاقة اللازمة لدفع الإلكترونات من القطب السالب إلى القطب الموجب.

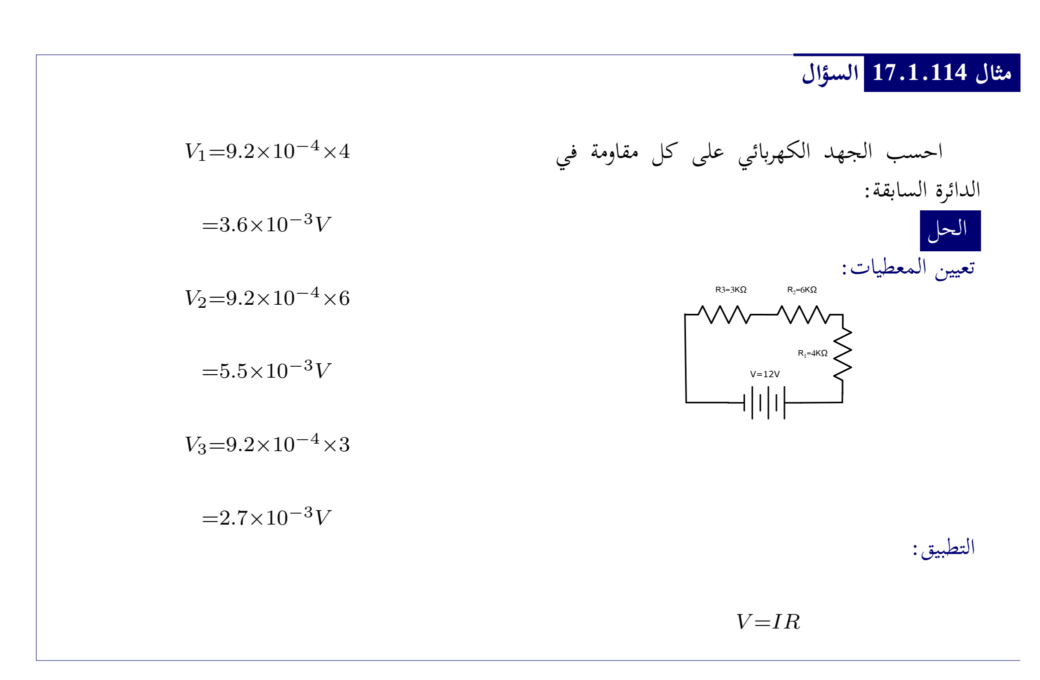
عند مرور التيار الكهربائي في مقاومات على التوالي، نلاحظ أن فرق الجهد الكهربائي يبدأ بالانخفاض التدريجي، فيكون كبير في المقاومة الأولى ثم أقل في الثانية ثم أقل في الثالثة وهكذا، ولهذا نلاحظ أن المصابيح الموصولة على التوالي تنخفض شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المصدر الكهربائي.



شكل 17.2: شدة إضاءة المصابيح تقل كلما ابتعدنا عن المصدر إذا كان التوصيل على التوالي.

$$V = V_1 + V_2 \Rightarrow V = \sum V_n \qquad (17.3)$$

حيث V فرق الجهد الكلي في الدائرة، V_1فرق الجهد الأول، V_2 فرق الجهد الثاني.



مثال 17.1.114 السؤال

احسب الجهد الكهربائي على كل مقاومة في الدائرة السابقة:

الحل

تعيين المعطيات:

التطبيق:

$$V{=}IR$$

$$V_1{=}9.2{\times}10^{-4}{\times}4$$

$$={3.6}{\times}10^{-3}V$$

$$V_2{=}9.2{\times}10^{-4}{\times}6$$

$$={5.5}{\times}10^{-3}V$$

$$V_3{=}9.2{\times}10^{-4}{\times}3$$

$$={2.7}{\times}10^{-3}V$$

المكثفات على التوالي إذا وصلت المكثفات على التوالي فإن جهدها الكلي يساوي مجموع فرق الجهد على كل مكثف

$$\Sigma V = V_1 + V_2 + ... + V_n \qquad (17.4)$$

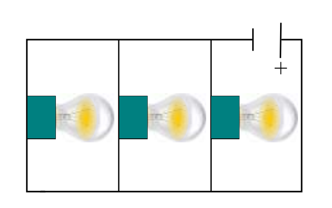
أما السعة الكلية لها فتحسب بالقانون

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n} \qquad (17.5)$$

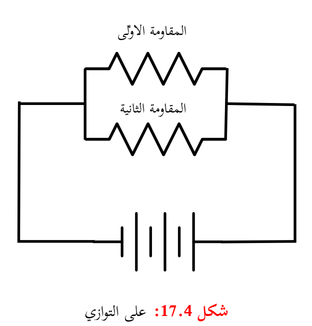
17.2 التوصيل على التوازي

التوصيل على التوازي هو دائرة كهربائية يتم فيها توصيل المكون الكهربائي بسلكين أو أكثر للدخل وسلكين أو أكثر للخرج.

فرق الجهد الكهربائي على التوازي عند مرور التيار الكهربائي في مقاومات على التوازي، نلاحظ أن فرق الجهد الكهربائي يبقى ثابت، فيكون في المقاومة الأولى مساوي له في المقاومة الثانية والثالثة وهكذا، ولهذا نلاحظ أن المصابيح الموصولة على التوازي تبقى شدة إضاءتها كما هي في جميع المصابيح، وهذا هو السبب الذي يجعلنا نوصل جميع الأجهزة المنزلية على التوازي.



شكل 17.3: شدة إضاءة المصابيح تبقى ثابتة إذا كان التوصيل على التوازي.



شكل 17.4: على التوازي

$$V = V_1 = V_2 \tag{17.6}$$

حيث V فرق الجهد الكلي في الدائرة، V_1فرق الجهد الأول، V_2 فرق الجهد الثاني.

المقاومات على التوازي توصيل المقاومات على التوازي يخفض المقاومة الكلية، وهذه ميزة لأن إعاقة التيار تقل.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R} = \sum(\frac{1}{R_n}) \tag{17.7}$$

حيث R المقاومة الكلية في الدائرة، R_1المقاومة الأولى، R_2 المقاومة الثانية.

مثال 17.2.115 السؤال

مقاومتان 6 أوم و 3 اوم وصلتا على التوازي ثم وصل بين طرفيهما المشتركين فرق جهد 12 فولت، احسب المقاومة الكلية لهما؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=6\Omega$ ، $R_2=3\Omega$ ، $V=12V$

التطبيق:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{6}+\frac{1}{3}$$

$$R=\frac{6\times3}{6+3}=\frac{18}{9}$$

$$=2\Omega$$

النتيجة: المقاومة الكلية تساوي 2 أوم.

شدة التيار على التوازي شدة التيار تتجزأ على المقاومات الموصولة على التوازي.

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I = \sum I_n \tag{17.8}$$

حيث I شدة التيار الكلية في الدائرة، I_1شدة التيار الأولى، I_2 شدة التيار الثانية.

مثال 17.2.116 السؤال

من المثال السابق، احسب شدة التيار وشدة التيار المار في كل منهما؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=6\Omega$ ، $R_2=3\Omega$ ، $V=12V$

التطبيق: شدة التيار:

$$I=\frac{V}{R}$$

$$=\frac{12}{2}=6A$$

شدة التيار المار في كل منهما:

$$I_1=\frac{V}{R_1}$$

$$=\frac{12}{6}=2A$$

$$I_2=\frac{V}{R_2}$$

$$=\frac{12}{3}=4A$$

المكثفات على التوازي إذا وصلت المكثفات على التوازي فإن جهودها تكون متساوية

$$V_1 = V_2 = ... = V_n \quad (17.9)$$

أما السعة الكلية لها فتحسب بالقانون

$$\Sigma C = C_1 + C_2 + ... + C_n \quad (17.10)$$

17.3 قوانين كيرشوف

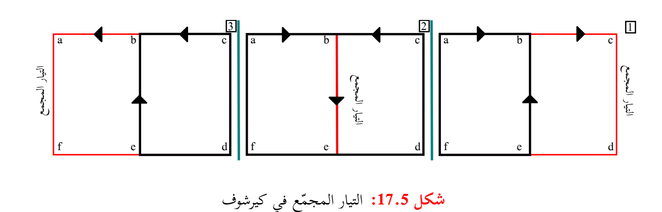
القانون الأول مجموع التيارات الكهربائية الداخلة عند نقطة في دائرة كهربائية مغلقة يساوي مجموع التيارات الكهربائية الخارجة منها.

$$\sum I_{in} = \sum I_{out} \Rightarrow \sum I = 0$$

القانون الثاني المجموع الجبري للقوى الدافعة الكهربائية في دائرة مغلقة يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد في الدائرة.

$$\sum V_B = \sum V = \sum I.R$$

مع ملاحظة إضافة المقاومة الداخلية للبطارية (إن وجدت) إلى المقاومة الخارجية، كما يفضل أن نختار الدائرتان اللتان تحتويان السلك الذي يحتوي التيار المجمّع كما في الرسم التوضيحي. ففي الرسم (1) نختار الدائرة $acdfa$ و الدائرة $bcdeb$ ، بينما في الرسم (2) نختار الدائرتين $abefa$ و $bcdeb$ ، وفي الرسم (3) نختار الدائرتين $acdfa$ و $abefa$.



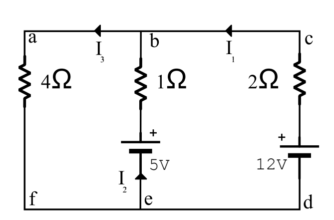
شكل 17.5: التيار المجمّع في كيرشوف

مثال 17.3.117 السؤال

احسب شدة التيار في كل فرع داخل الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم ؟



تعيين المعطيات: $R_1{=}2\Omega$ ، $R_2{=}1\Omega$ ، $R_3{=}4\Omega$
$V_{B1}{=}12V$ ، $V_{B2}{=}5V$



التطبيق: نطبق القانون الأول على الدائرة الكلية

$$I_3{=}I_1{+}I_2 \qquad (1)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $abefa$

$$5{=}(1{\times}I_2){+}(4{\times}I_3)$$

$$5{=}I_2{+}4I_3 \qquad (2)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $acdfa$

$$12{=}(2{\times}I_1){+}(4{\times}I_3)$$

$$12{=}2I_1{+}4I_3 \qquad (3)$$

نعوض من (1) في (2) و(3) فتصبح

$$5{=}I_2{+}4I_1{+}4I_2{=}4I_1{+}5I_2$$

$$12{=}2I_1{+}4I_1{+}4I_2{=}6I_1{+}4I_2$$

نوحد معاملات I_1 بضرب المعادلة الأولى في 3 والمعادلة الثانية في 2 :

$$15{=}12I_1{+}15I_2$$

$$24{=}12I_1{+}8I_3$$

نطرح المعادلتين (2) و (3) من بعضهما

$$24{-}15{=}12I_1{-}12I_1{+}8I_2{-}15I_2$$

$$9{=}{-}7I_2$$

$$I_2{=}\frac{-9}{7}{=}{-}1.28A$$

والإشارة السالبة تدل على أن اتجاه التيار I_2 في الرسم خاطيء، لكن النتيجة العددية صحيحة.
نعوض في المعادلة (2) لحساب I_3

$$5{=}I_2{+}4I_1{=}{-}1.28{+}4I_3$$

$$5{+}1.28{=}4I_3$$

$$I_3{=}\frac{6.28}{4}{=}1.57A$$

نعوض في القانون (1) لحساب I_1

$$I_3{=}I_1{+}I_2$$

$$I_1{=}I_3{-}I_2{=}1.57{-}({-}1.28){=}2.85A$$

النتيجة: التيار $I_1{=}2.85A$ ، $I_2{=}{-}1.28A$ ، $I_3{=}1.57A$ ، واتجاه التيار I_2 خاطيء على الرسم.

17.4 التدريبات

1- مقاومتان 10Ω و 8Ω وصلتا على التوازي ثم وصل بين طرفيهما المشتركين فرق جهد 12 فولت، احسب المقاومة الكلية لهما؟

الحل

تعيين المعطيات: $R_1=10\Omega$ ، $R_2=8\Omega$ ، $V=12V$

التطبيق:

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{10}+\frac{1}{8}$$

$$R=\frac{10\times8}{10+8}=\frac{80}{18}$$

$$=4.44\Omega$$

المقاومة الكلية تساوي 4.44 أوم.

2- ما هي وحدة المقاومة الكهربائية ؟

ا) أمبير　　ج) فولت

ب) أوم ✓　　د) كولوم

3- احسب المقاومة المكافئة للمقاومتين 3Ω و 6Ω الموصولتين على التوازي ؟

ا) 2Ω ✓　　ج) 18Ω

ب) 9Ω　　د) 0.5Ω

4- ربط مقاومتين على التوالي يجعل ..... ؟

ا) $I_1=I_2$ & $v_1=v_2$　　ج) $I_1\neq I_2$ & $v_1=v_2$

ب) $I_1=I_2$ & $v_1\neq v_2$ ✓　　د) $I_1\neq I_2$ & $v_1\neq v_2$

5- ربط مقاومتين على التوازي يجعل ..... ؟

ا) $I_1=I_2$ & $v_1=v_2$　　ج) $I_1\neq I_2$ & $v_1=v_2$ ✓

ب) $I_1=I_2$ & $v_1\neq v_2$　　د) $I_1\neq I_2$ & $v_1\neq v_2$

6- ربطنا اربع مقاومات على التوالي 1Ω ، 2Ω ، 3Ω ، 4Ω مع بطارية قدرتها $12V$ احسب التيار التيار المار في الدائرة $I=\frac{v}{r_1+...+r_4}$ ؟

ا) $1.2A$ ✓　　ج) $12A$

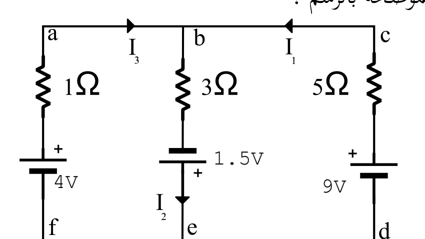
ب) $10A$　　د) $22.5A$

7- جميع الأجهزة الكهربائية المنزلية موصولة على التوازي لأن ؟

ا) فرق الجهد الكهربائي ثابت ✓　　ج) التيار ثابت

ب) المقاومة ثابتة　　د) المقاومة النوعية ثابتة

8- احسب شدة التيار في كل فرع داخل الدائرة الكهربائية الموضحة بالرسم ؟



الحل

تعيين المعطيات: $R_1=2\Omega$ ، $R_2=1\Omega$ ، $R_3=4\Omega$

$V_{B1}=12V$ ، $V_{B2}=5V$

التطبيق: نطبق القانون الأول على الدائرة الكلية

$$I_2=I_1+I_3 \qquad (1)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $abefa$

$$4+1.5=(3\times I_2)+(1\times I_3)$$

$$5.5=3I_2+I_3 \qquad (2)$$

نطبق القانون الثاني على الدائرة $bcdeb$

$$9+1.5=(5\times I_1)+(3\times I_2)$$

$$10.5=5I_1+3I_2 \qquad (3)$$

نعوض من (1) في (2) و(3) فتصبح

$$5.5=3I_1+3I_3+I_3=3I_1+4I_3$$

$$10.5=5I_1+3I_1+3I_3=8I_1+3I_3$$

نوحد معاملات I_3 بضرب المعادلة الأولى في 3 والمعادلة الثانية في 4 :

$$16.5=9I_1+12I_3$$

$$42=32I_1+12I_3$$

نطرح المعادلتين (2) و (3) من بعضهما

$$42-16.5=8I_1-3I_1+3I_3-4I_3$$

$$25.5=32I_1-9I_1+12I_3-12I_3=23I_1$$

$I_1 = \frac{25.5}{23} = 1.1A$

نعوض في المعادلة (3) لحساب I_2

$10.5 = 5I_1 + 3I_2 = 5.5 + 3I_2$

$10.5 - 5.5 = 3I_2$

$I_2 = \frac{5}{3} = 1.66A$

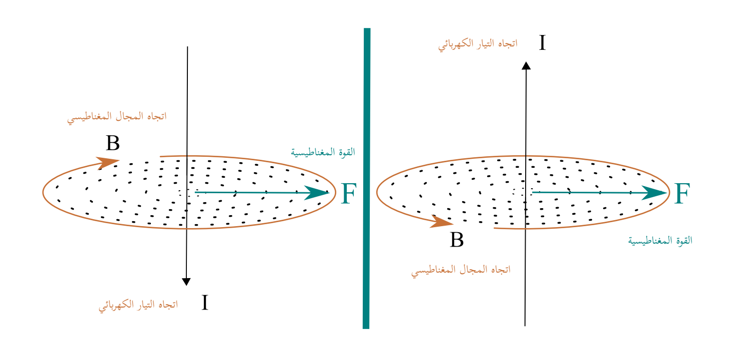
نعوض في القانون (1) لحساب I_3

$I_2 = I_1 + I_3$

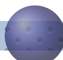
$I_3 = I_2 - I_1 = 1.6 - 1.1 = 0.5A$

18

المجال المغناطيسي



- المجال المغناطيسي
- القوة المغناطيسية
- الحث المغناطيسي



مقدمة

تنشأ المغناطيسية (العزم المغناطيسي) نتيجة إعادة ترتيب أقطاب الإلكترونات في المواد القابلة للمغنطة بحيث تصبح أقطابها في نفس الاتجاه، وذلك إما بشكل طبيعي داخل الأرض، أو بشكل صناعي بعدة طرق، منها تمرير تيار شدته $3-4A$ في خليط من الحديد وبعض المعادن القابلة للمغنطة مثل النيكل والكوبلت والنوديميوم، ولمدة $20-30s$ ، أو بالتلبيد للمواد الفريتية، ومن أقواها مغناطيس النيوبيديوم $Nd_2Fe_{14}B$ ، كما يمكن صنع مغناطيس كهربائي مؤقت بإمرار التيار الكهربائي في ملف يحيط بقلب معدني، إلا أن الأخير يفقد مغناطيسيته عند فصل التيار. وقد استفاد الإنسان من هذه الخاصية في معرفة الاتجاهات باستخدام البوصلة، فالقطب الشمالي لإبرة البوصلة يتجه للقطب الجنوبي المغناطيسي للأرض، والعكس صحيح، كما استفاد من المغناطيسية في صنع قلوب المولدات الكهربائية ومكبرات الصوت.


شكل 18.1: البوصلة[2]

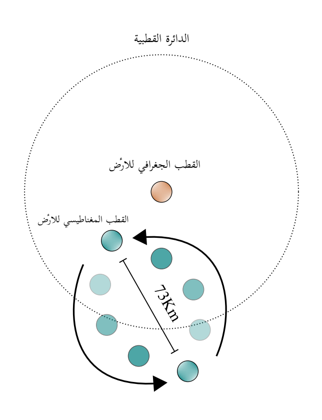
وتقسم المواد حسب مغناطيسيتها إلى أربعة أقسام:

1) مواد مغناطيسية *Ferromagnetism* هي مواد قابلة للتحول إلى مغناطيس دائم، مثل الحديد والنيكل والكوبلت.
2) مواد بارا مغناطيسية *Paramagnetic* هي مواد قابلة للمغنطة تحت تأثير مغناطيس خارجي، لكنها تفقد مغناطيسيتها بمجرد إبعاده، مثل الألومنيوم والبلاتين.
3) مواد دايا مغناطيسية *Diamagnetism* هي مواد قابلة للمغنطة تحت تأثير مغناطيس خارجي، وتفقد مغناطيسيتها بمجرد إبعاده، وتكون أقطابها عكس أقطاب المغناطيس الخارجي، مثل النحاس والبزموث.
4) مواد غير قابلة للمغنطة.

الأقطاب المغناطيسية

S N تنافر N S
N S تجاذب N S

شكل 18.2: الأقطاب المغناطيسية



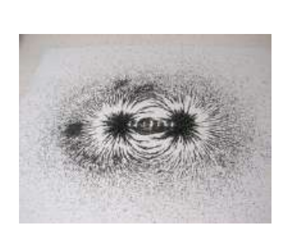
شكل 18.3: القطب المغناطيسي للأرض لا يتطابق مع قطبها الجغرافي، ويتغير مكانه في مدى 73 كم في كل عام.

لكل مغناطيس قطبان، شمالي N وجنوبي S، والأقطاب المغناطيسية تشبه في تجاذبها وتنافرها، تفاعل الشحنات مع بعضها، فالأقطاب المتشابهة تتنافر، والأقطاب المختلفة تتجاذب، فإذا وضع قطب شمالي لمغناطيس أمام قطب شمالي لمغناطيس آخر فإنهما يتنافران لتشابههما، أما لو جعلنا القطب الشمالي للمغناطيس الأول أمام القطب الجنوبي لمغناطيس آخر فإنهما يتجاذبان.

18.1 المجال المغناطيسي

المجال المغناطيسي هو الحيز الذي يحيط بالمغناطيس ويظهر فيه أثره.

إن الإبرة المعدنية على سبيل المثال، تنجذب للمغناطيس طالما كانت في مدى معين، يختلف باختلاف قوة المغناطيس، فإذا خرجت من هذا المدى، فقد المغناطيس قدرته على التأثير عليها؟! ، إن المدى الذي يؤثر فيه المغناطيس يمثل بخطوط تسمى خطوط المجال المغناطيسي، وتكون خطوط المجال خارجة من القطب الشمالي N للمغناطيس، وداخلة للقطب الجنوبي S منه. ولكي نستطيع رؤية خطوط المجال المغناطيسي، نقوم بوضع المغناطيس على ورقة بيضاء، ثم ننثر برادة الحديد على الورقة، فتتشكل البرادة على شكل خطوط المجال المغناطيسي، كما في الصورة.

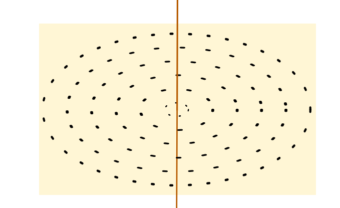

شكل 18.4: برادة الحديد ترسم خطوط المجال المغناطيسي للمغناطيس.[2]

⋆ طرقة علمية

المجال المغناطيسي للأرض يحمي الأرض من الجسيمات المشحونة القادمة من الشمس.

18.1.0.1 المجال المغناطيسي في سلك

حين يمر التيار الكهربائي في سلك فإنه ينتج مجال مغناطيسي على شكل دوائر مركزها السلك، وهذه الدوائر تمثل المنطقة التي تؤثر فيها شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي)، ويكون اتجاه القوة المغناطيسية F عمودي على السلك، وفي نفس مستوى خطوط المجال حول السلك، كما في الرسم التوضيحي، وتستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير، لتحديد اتجاه التيار I والمجال المغناطيسي B .[1]


شكل 18.5: المجال المغناطيسي

[1]مكتشف هذه الظاهرة الدنمركي هانز اورستيد المتوفي عام 1851م.

18.1.0.2 شدة المجال المغناطيسي عند نقطة

شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض المغناطيسي) هو قوة المجال المغناطيسي المؤثر على نقطة معينة نتيجة مرور تيار كهربائي معين.

$$B = \frac{\mu I}{2\pi d} \quad (18.1)$$

$$B = \frac{F}{ILsin\theta} \quad (18.2)$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية للهواء، I شدة التيار الكهربائي، d المسافة العمودية على السلك، F القوة المغناطيسية.

التسلا $Tesla$ هي شدة المجال المغناطيسي التي تولد قوة $1N$ في سلك طوله $1m$ ويمر به تيار $1A$.[2]

مثال 18.1.118 السؤال

احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $17cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $12A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: I=$12A$ ، d=$0.17m$

التطبيق:

$B=\frac{\mu I}{2\pi d}$

$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times12}{2\pi\times0.17}$

$=1.41\times10^{-5}Tesla$

النتيجة: شدة المجال المغناطيسي عند النقطة تساوي $1.41\times10^{-5}Tesla$.

مثال 18.1.119 السؤال

أ) احسب القوة المغناطيسية التي يؤثر بها مجال مغناطيسي شدته $9Tesla$ عمودي على سلك طوله $15cm$ ، ويمر به تيار شدته $3A$ ؟


الحل

تعيين المعطيات: I=$3A$ ،L=$0.15m$ ،F=$9A$

التطبيق:

F=$BILsin\theta$

$=9\times3\times0.15\times sin90$

$=4.05N$

النتيجة: مقدار القوة المغناطيسية تساوي $4.05N$.

ب) أعد حساب القوة المغناطيسية إذا كانت الزاوية بين السلك وخطوط المجال 35° ؟

الحل

تعيين المعطيات: I=$3A$ ،L=$0.15m$ ،F=$9A$ ، θ=35°

التطبيق:

F=$BILsin\theta$

$=9\times3\times0.15\times sin35$

$=2.32N$

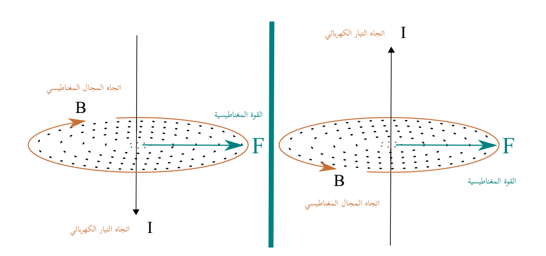
النتيجة: مقدار القوة المغناطيسية تساوي $2.32N$ ، لاحظ أن القوة المغناطيسية انخفضت عندما قلت الزاوية عن 90 درجة.

⋆ هدف وجداني

اتجاه المجال المغناطيسي يشبه الطواف، فاتجاه الطواف هو اتجاه المجال المغناطيسي، واتجاه السماء هو اتجاه التيار.

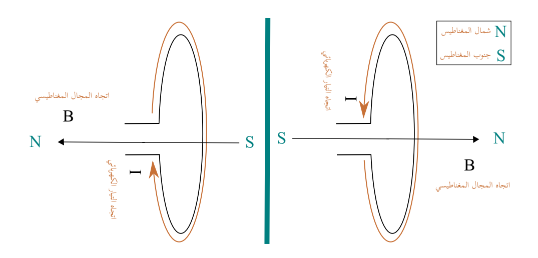
اتجاه المجال المغناطيسي في سلك لتعيين المجال المغناطيسي نستخدم قاعدة اليد اليمنى لأمبير، فنمسك السلك بقبضة اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام باتجاه مرور التيار، ورؤوس الأصابع المنحنية تمثل اتجاه المجال المغناطيسي.

[2] تسلا فيزيائي أمريكي اخترع مولد التيار المتردد والبث الراديوي توفي عام 1943م.



شكل 18.6: اتجاه المجال المغناطيسي في سلك

اتجاه المجال المغناطيسي في ملف لتعيين المجال المغناطيسي نستخدم اليد اليمنى، فنضع قبضة اليد اليمنى بحيث يكون اتجاه الأصابع في نفس اتجاه التيار الكهربائي، عندها يمثل الإبهام اتجاه المجال المغناطيسي.



شكل 18.7: اتجاه المجال المغناطيسي في ملف

قاعدتي فلمنج لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي

الإصبع	اليد اليمنى	اليد اليسرى
	للمولدات الكهربائية	للمحركات الكهربائية
السبابة للأمام	المجال الكهربائي	المجال الكهربائي
الإبهام للأعلى	الحركة	الحركة
الوسطى	التيار لليسار	التيار لليمين

جدول 18.1: قاعدة فلمنج لاتجاه المجال المغناطيسي

شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف هو قوة المجال المغناطيسي الموزع في كل نقطة في المكان في اتجاه معين منتظم.

$$B = \frac{\mu N I}{2r} \tag{18.3}$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية للهواء، I شدة التيار الكهربائي، N عدد لفات الملف، r نصف قطر الملف.

$$B = \frac{\mu N I}{L} \tag{18.4}$$

حيث B شدة المجال المغناطيسي، μ النفاذية المغناطيسية لمعدن الملف، I شدة التيار الكهربائي، N عدد لفات الملف، L طول الملف.



مثال 18.1.120 السؤال

احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف نصف قطره $10cm$ وعدد لفاته 50 لفه، ويمر به تيار مقداره $12A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times 10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N=50$ ، $I=12A$ ، $r=0.1m$

التطبيق:

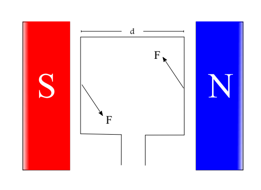
$$B=\frac{\mu NI}{2r}$$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times50\times12}{2\times0.1}$$

$$=3.76\times10^{-3}Tesla$$

النتيجة: شدة المجال المغناطيسي عند النقطة تساوي $3.76\times10^{-3}Tesla$.

العزم المؤثر على الملف في المحركات الكهربائية يتم التأثير على الملف داخلها بقوة مغناطيسية تجعله يدور، عن طريق تمرير تيار كهربائي فيه، والعزم المؤثر على الملف هو عزم ازدواج، ولهذا نستخدم قانون العزم الذي سبق شرحه في الفصل الثاني من الكتاب.



$$\tau=F\times d \qquad (1)$$

حيث d في عزم الازدواج هو المسافة العمودية بين القوتين.

وعرفنا أن القوة المغناطيسية تساوي

$$F=BLIsin\theta \qquad (2)$$

وبالتعويض من (2) في (1) نجد:

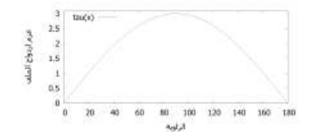
$$\tau=BLIdsin\theta$$

وحيث أن الملف مستطيل وطوله L وعرضه d:

$$A_{\text{المساحة}}=L\times d$$

$$\therefore \tau=NBIAsin\theta$$

حيث N عدد اللفات.



شكل 18.8: عزم ازدواج الملف



مثال 18.1.121 السؤال

احسب عزم الازدواج على ملف مساحته $50cm^2$ مكون من 30 لفه، ويمر به تيار $4A$، والزاوية بين المتجه العمودي على مستوى الملف وخطوط المجال المغناطيسي 40° ، وشدة المجال المغناطيسي $5Tesla$؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=50cm^2$، $I=4A$، $\theta=40^\circ$، $B=5T$

التطبيق:

$$\tau=NBIAsin\theta$$

$$=30\times5\times4\times50\times10^{-4}\times sin40$$

$$=1.92N.m$$

النتيجة: عزم الازدواج المؤثر على الملف 1.92 نيوتن.متر.

أجهزة قياس الكهرباء



شكل 18.9: الاميتر

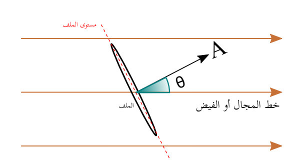
- الفولتميتر: جهاز لقياس فرق الجهد الكهربائي وهو جلفانوميتر مع مقاومة كبيرة جدا على التوالي معه.
- الأميتر: جهاز لقياس شدة التيار الكهربائي وهو جلفانوميتر مع مقاومة صغيرة جدا موصولة على التوازي معه.
- الجلفانوميتر: جهاز لقياس التيارات الضعيفة جدا.
- الأوميتر: جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربائية.

18.2 الحث الكهرومغناطيسي

الحث الكهرومغناطيسي هو إنتاج فرق جهد كهربائي في موصل ثابت تحت تأثير مجال مغناطيسي متغير، أو موصل متحرك داخل مجال مغناطيسي ثابت، نتيجة تغير في الفيض المغناطيسي.

وقد اكتشفت ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي على يد فاراداي[3]، حيث قام بتمرير مغناطيس داخل ملف موصول بجلفانوميتر (ليستفيد من قدرة الجلفانوميتر على قياس التيارات الضعيفة جدا)، ولاحظ تكون تيار كهربائي صغير عند إدخال المغناطيس في الملف أو إخراجه منه، واستنتج أن هذا التيار نتج عن تغير في الفيض المغناطيسي $\Delta\Phi\neq0$ عند تقاطع خطوط المجال المغناطيسي مع الملف.

وكلما زادت شدة المجال المغناطيسي (كثافة الفيض) الساقطة على الملف كلما زاد التيار الحثي المتولد، كما لاحظ أن زيادة مساحة سطح الملف تزيد من التيار المتولد، ثم وجد أن الزاوية بين خطوط المجال المغناطيسي والمتجه العمودي على مستوى الملف تؤثر على الفيض المغناطيسي.



أي أن

$$\Phi=\Delta B.A.\cos\theta$$

حيث Φ الفيض المغناطيسي، θ الزاوية بين خطوط المجال المغناطيسي (الفيض المغناطيسي) والمتجه العمودي على مستوى الملف، فإذا كانت خطوط المجال موازية للمتجه العمودي على مستوى الملف، فإن الزاوية بينهما °0، وإذا كانت عمودية عليها تكون الزاوية بينهما °90.

قانون فاراداي تتناسب القوة الدافعة الكهربائية طرديا مع الفيض المغناطيسي الساقط على الملف خلال وحدة الزمن.

$$\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \tag{18.5}$$

حيث ε القوة المحركة الكهربائية الحثية، Φ التدفق المغناطيسي، N عدد لفات الملف، A مساحة الملف، $-$ الإشارة السالبة تشير إلى أن القوة الدافعة المستحثة والتيار المتولد، تعاكس اتجاه القوة المسببة لها.

مثال 18.2.122 السؤال

ملف كهربائي مساحته $120cm^2$ وعدد لفاته 100 لفه، يتعرض لمجال مغناطيسي تتغير شدته من $0-$ $0.002Tesla$ خلال $0.3s$ ، احسب القوة المحركة الكهربائية الحثية؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=120cm^2$، $N=100$، $B_1=0T$، $B_2=0.002T$، $t=0.3s$

التطبيق: حساب الفيض المغناطيسي

$\Phi=\Delta B.A$

$=(0.002-0)\times120\times10^{-4}$

$=2.4\times10^{-5}weber$

حساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية

$\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$

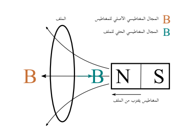
$=-100\times\frac{2.4\times10^{-5}}{0.3}$

$=0.008V$

النتيجة: القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف تساوي 0.008 فولت.

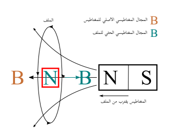
[3] فيزيائي انجليزي توفي عام 1867م.

قاعدة لينز يكون اتجاه التيار الحثي في ملف معاكس للتغير المسبب له.



يتولد مجال مغناطيسي حثي $B_{induction}$ يعمل على المحافظة على مستوى المجال المغناطيسي، فإذا زاد الفيض المغناطيسي نتيجة اقتراب المغناطيس، فإنه ينتج مجال مغناطيسي حثي معاكس له لكي ينقصه، وإذا نقص الفيض المغناطيسي نتيجة ابتعاد المغناطيس، فإنه ينتج مجال مغناطيسي حثي في نفس اتجاهه لكي يزيده.

وهذا يعني أن المجال المغناطيسي B المتولد من المغناطيس الذي تخترق خطوطه ملف معين تتسبب

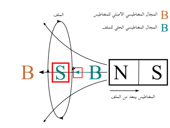


له هو الجنوب، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى على الملف بحيث يكون الإبهام باتجاه الشمال، نجد أن التيار يسير في الملف عكس عقارب الساعة. ويجب ملاحظة أن قطب المغناطيس وقطب الملف المواجه له كلاهما N، لذا يجب بذل شغل يقاوم تنافرهما أثناء اقتراب المغناطيس، وهذا الشغل هو الذي يتحول إلى طاقة حركية للالكترونات منتجا التيار.

إن خطوط المجال تكون دائما خارجه من القطب الشمالي، لذا يكون قطب الملف الذي نتج منه المجال المغناطيسي الحثي B_{ind} هو الشمال، والقطب المعاكس

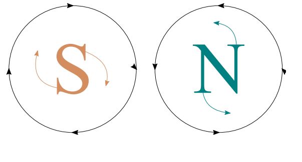
* ومضة

اتجاه B هو دائما اتجاه القطب الشمالي لنفس الجسم .



والقطب المواجه للمغناطيس هو الجنوبي، وإذا طبقنا قاعدة اليد اليمنى على الملف بحيث يكون الإبهام باتجاه الشمال (إلى الداخل)، نجد أن التيار في الملف يتحرك في اتجاه عقارب الساعة. ونلاحظ أن قطب المغناطيس N وقطب الملف المواجه له S، لذا يجب بذل شغل يقاوم تجاذبهما أثناء ابتعاد المغناطيس، وهذا الشغل هو الذي يتحول إلى طاقة حركية للالكترونات منتجا التيار.

أما إذا كان المغناطيس يبتعد فإن الفيض المغناطيسي ينقص، فينتج مجال مغناطيسي حثي B_{ind} في نفس اتجاه المجال المغناطيسي الأصلي B لكي يزيده، أي إلى داخل الملف، وبهذا يكون القطب الشمالي للملف إلى الداخل،



شكل 18.10: إتجاه I في نفس اتجاه أطراف الحرفين.

كما يمكن الاستدلال على اتجاه التيار في الملف بعد تعيين القطب المواجه للمغناطيس، سواء كان شمالي أم جنوبي، وذلك بدلالة أطراف الحرفين N و S في الملف المحثوث، كما هو موضح في الرسم في الهامش.

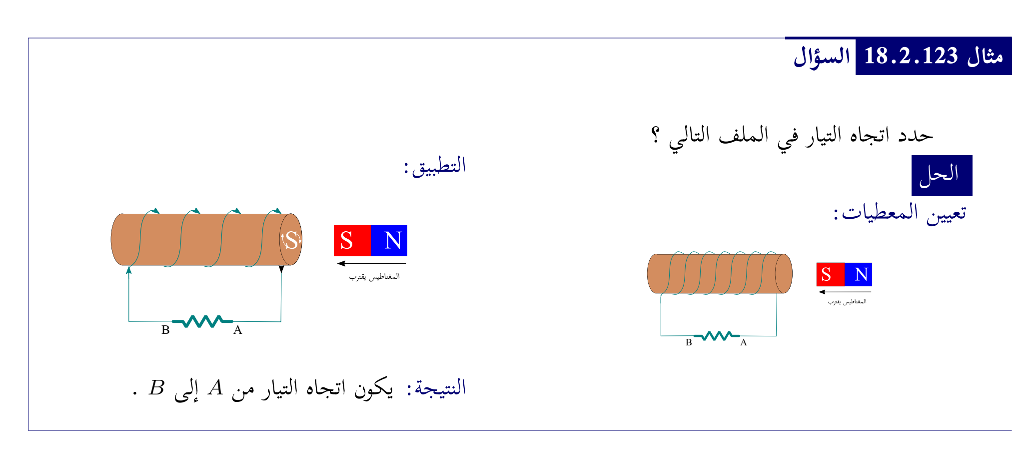
مثال 18.2.123 السؤال

حدد اتجاه التيار في الملف التالي ؟

الحل

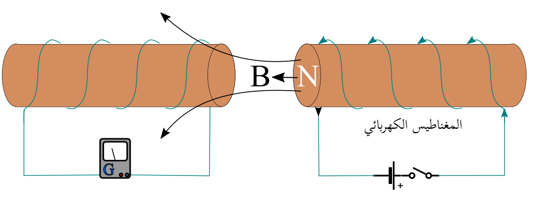
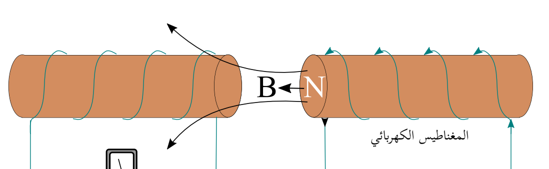
تعيين المعطيات :

التطبيق :



النتيجة: يكون اتجاه التيار من A إلى B .

الحث المتبادل بين ملفين إن المغناطيس الذاتي له سلبيه، وهي أن شدة مجاله ثابتة، ولا نستطيع زيادتها أو إنقاصها، لذا يستخدم المغناطيس الكهربائي في كثير من الأحيان، حيث يتكون فيه مجال مغناطيسي عند إغلاق دائرته الكهربائية، ويختفي المجال إذا فُتحت. وتزداد شدة المجال المغناطيسي الخارجة منه بزيادة شدة التيار، وتقل بإنقاصها.

شكل 18.11: الحث المتبادل بين ملفين

ويجب ملاحظة أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية والتيار الحثي ستصبح صفر عندما:

- يكون المغناطيس الكهربائي مطفأ (دائرته مفتوحة).
- يكون الفيض المغناطيسي ثابت (ثبات عدد خطوط المجال التي تسقط على وحدة المساحات من الملف)، بسبب ثبات شدة تيار المغناطيس الكهربائي $\Delta I=0$، أو ثبات المغناطيس الكهربائي والملف الحثي في مكانهما.

يتم حساب القوة الدافعة الكهربائية الحثية في ملف الحث المتبادل باستخدام القانون :

$$\varepsilon = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (18.6)$$

$$M=\frac{k\mu N^2 A}{L}$$

حيث M معامل الحث المتبادل بين ملفين (أو معامل الحث الذاتي)، I التيار المار في المغناطيس الكهربائي، t الزمن، k النفاذية النسبية للمعدن، N عدد اللفات، A مساحة الملف، ε القوة الدافعة الكهربائية.

⋆ ومضة

الهنري هو معامل الحث الذاتي لملف القوة الدافعة الحثية له $1V$ ويمر به تيار $1A$ في الثانية.

مثال 18.2.124 السؤال

ملف كهربائي يتغير التيار المار به بمعدل $20A$ في الثانية الواحدة، فإذا علمت أن القوة الدافعة الكهربائية الحثية $5V$، احسب معامل الحث الذاتي له؟

الحل

تعيين المعطيات: $\frac{\Delta I}{\Delta t}=20$ ، $\varepsilon=5V$

التطبيق:

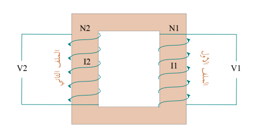
$\varepsilon=-M\frac{\Delta I}{\Delta t}$

$5=-M\times 20$

$M=-\frac{5}{20}=-0.25H$

النتيجة: معامل الحث الذاتي للملف يساوي 0.25 هنري، والإشارة السالبة تدل على أنها تعاكس اتجاه القوة المسببة لها.

ومن استخدامات الحث المتبادل، محولات الكهرباء الحثية، وهي ملفات حث ذاتي، سواء الرافعة للجهد والتي توضع عادة في بداية خطوط نقل الكهرباء ذي الضغط العالي والقادم من محطات توليد الكهرباء، أو محولات خفض الجهد التي توضع في نهاية خطوط الضغط العالي، لتجعل الجهد قابل للاستخدام في المنازل، فينخفض من آلاف الفولتات إلى $110V$ أو $220V$، ويلاحظ أن القلب المعدني مكون من رقائق معدنية ملتصقة ببعضها، وليس كتلة واحدة من المعدن ؟! وذلك لمنع تكون التيارات الدوامية التي تسبب تسخين القلب المعدني، ويمكن التخلص من التيارات الدوامية بطريقة أخرى وهي صنع القلب المعدني من برادة أو مسحوق الحديد الذي يلصق بالشكل المطلوب.[19]



شكل 18.12: المحول الكهربائي

ويتم تعيين تيار الخرج وجهده باستخدام القانون

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (18.7)$$

حيث I شدة التيار، V فرق الجهد الكهربائي، N عدد لفات الملف.

أي أن فرق الجهد وعدد اللفات تتناسب عكسيا مع شدة التيار الكهربائي، فزيادة عدد اللفات في الملف الأول أو زيادة فرق الجهد فيه ستؤدي إلى نقصان شدة التيار الخارجة منه، وهذه ميزة تستخدم في خطوط الضغط العالي، حيث يرفع الجهد إلى عشرات الآلاف من الفولتات، وهذا يجعل شدة التيار المارة في الأسلاك منخفضة، فيقل الفقد الناتج عن مقاومة الأسلاك.

وتحسب كفاءة المحول بالقانون

$$\mu = \frac{V_2 I_2}{V_1 I_1} \times 100 \quad (18.8)$$

مثال 18.2.125 **السؤال**

في محول كهربائي، كم عدد اللفات اللازمة لتحويل التيار الكهربائي من $110V$ إلى $220V$ حيث عدد لفات الملف الأول 1000 لفة ؟

الحل

تعيين المعطيات: V_1=110V، V_2=220V، N_1= 1000

التطبيق:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{1000}{N_2} = \frac{110}{220}$$

$$N_2 = \frac{1000 \times 220}{110} = 2000$$

النتيجة: عدد اللفات في الملف الثاني 2000 لفة.

18.3 التدريبات

1- خطوط المجال المغناطيسي حول سلك كهربائي تكون على شكل ؟

ا) دوائر ✓
ب) مثلثات
ج) مربعات
د) خطوط مستقيمة

2- إذا مر تيار كهربائي في سلك بجوار بوصلة فإن مؤشر البوصلة سيتحرك ؟

ا) صح ✓
ب) خطأ

3- في قاعدة فلمنج لليد اليسرى (المحركات) ، يمثل الإبهام ؟

ا) المجال المغناطيسي
ب) الحركة ✓
ج) التيار
د) خطوط المجال

4- التسلا هي وحدة ؟

ا) طول السلك
ب) التيار
ج) القوة
د) شدة المجال ✓

5- الإلكترونات التي يسبب عزم دورانها ظاهرة المغناطيسية، موجودة في المدار الفرعي ؟

ا) $3d$ ✓
ب) $3f$
ج) $3s$
د) $3p$

6- احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $20cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $4A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $I=4A$ ، $d=0.2m$
التطبيق:

$$B=\frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times4}{2\pi\times0.2}$$

$$=4\times10^{-6}Tesla$$

7- احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف طوله $24cm$ وعدد لفاته 34 لفه، ويمر به تيار مقداره $0.5A$ ، حيث يحتوي قلب حديدي نفاذيته $1.63\times10^{-2}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N=50$ ، $I=12A$ ، $r=0.1m$
التطبيق:

$$B=\frac{\mu NI}{L}$$

$$=\frac{1.63\times10^{-2}\times34\times0.5}{0.24}$$

$$=1.15Tesla$$

8- يتولد مجال مغناطيسي حول السلك الذي يمر به تيار كهربائي ؟

ا) صح ✓
ب) خطأ

9- تقل شدة المجال المغناطيسي بزيادة شدة التيار الكهربائي ؟

ا) صح
ب) خطأ ✓

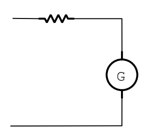
10- قاعدة اليد اليمنى لفلمنج تستخدم في المحركات الكهربائية ؟

ا) صح
ب) خطأ ✓

11- جهاز يستخدم لقياس المقاومة الكهربائية ؟

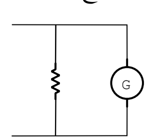
ا) الأميتر
ب) الاوميتر ✓
ج) الفولتميتر
د) الجلفانوميتر

12- ما اسم الجهاز الموضح بالدائرة التالية ؟



ا) الأميتر
ب) الاوميتر
ج) الفولتميتر ✓
د) الجلفانوميتر

13- ما اسم الجهاز الموضح بالدائرة التالية ؟



ا) الأميتر ✓
ب) الاوميتر
ج) الفولتميتر
د) الجلفانوميتر

14- إذا كان التيار $I_1=4A$ في محول خافض للجهد فإن نتيجة I_2 الأقرب للصحة ؟

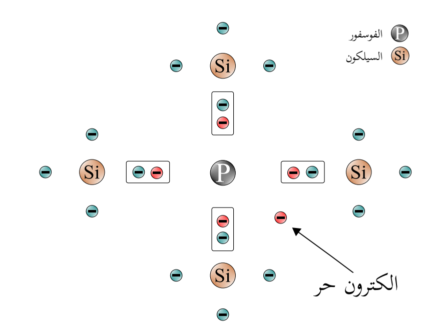
ا) $5A$ ✓
ب) $4A$
ج) $3A$
د) $2A$

15- القلب المعدني في المحولات والمولدات مكون من شرائح متلاصقة وليس كتلة واحدة، لمنع التيارات الدوامية ؟

ا) صح ✓
ب) خطأ

19

الإلكترونيات الحديثة



- أشباه الموصلات
- الترانزستور
- البوابات المنطقية




مقدمة

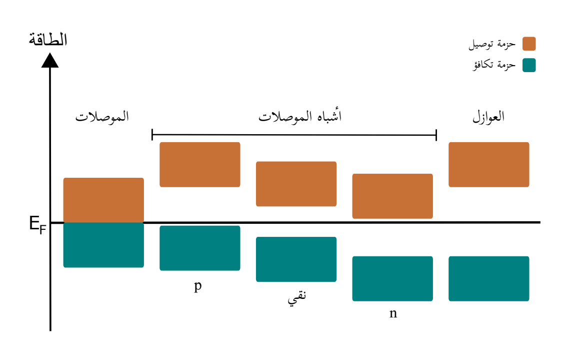
إن المواد الجامدة تتكون من ذرات، إما مرتبة في شكل هندسي منتظم وفي هذه الحالة نسميها بلورات، أو يكون ترتيبها عشوائيا. إن لكل ذرة من هذه الذرات مستويات طاقة قريبة من النواة لا تنتقل الإلكترونات الموجودة فيها بسهولة وتسمى حزمة التكافؤ، وهناك إلكترونات أخرى موجودة في مستويات عليا بعيدة عن النواة وإلكتروناتها حرة وتسمى حزمة التوصيل، وبهذا يكون لدينا في كل ذرة حزمة تكافؤ وحزمة توصيل، أي يكون لدينا عدد من مجموعات الحزم مساوي لعدد الذرات في المادة. لكن وجد من تجربة فوغ باستخدام الأشعة السينية لحساب ثابت الشبكة البلوري، أن ذرات المادة الجامدة حين تقترب من بعضها مسافة تساوي ثابت الشبكة البلورية أو أقل فإن جميع حزمها تتحد في حزمتين، حزمة تكافؤ وحزمة توصيل[1] وبينهما الفجوة العازلة أو القاحلة، ويختلف ثابت الشبكة البلوري من مادة إلى أخرى، فمثلا النحاس ثابته 3.597 أنجستروم، والسيليكون 5.431 أنجستروم.

وينتج لدينا ثلاث أنواع من المواد الجامدة:

1) عندما تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل فلا توجد منطقة عازلة بينهما، في هذه الحالة تكون المادة الجامدة موصلة، أي يوجد عدد كبير من الإلكترونات في منطقة التوصيل.

2) عندما تكون المسافة بين الحزمتين صغيرة ويمكن أن تنقص بزيادة درجة الحرارة، بحيث تسمح للإلكترونات بالانتقال من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل، في هذه الحالة تكون المادة شبه موصلة، ويجب أن نتنبه إلى أن حزمة التوصيل في شبه الموصل تكون خالية من الإلكترونات عند الصفر المطلق فقط، لكنها تزداد بزيادة درجة الحرارة، ومع هذا لا تصل إلى نفس عدد الإلكترونات في حزمة توصيل الموصل.

3) عندما تكون المسافة كبيرة إلى درجة لا تسمح بانتقال الإلكترونات حتى مع تغير درجة الحرارة، في هذه الحالة تكون المادة عازلة، لكن هذا لا يعني أن حزمة التوصيل في المادة العازلة خالية تماما من الإلكترونات، وإنما عدد الإلكترونات بها قليل جدا، ويمكن زيادته لكن عند درجات حرارة عالية تجعل العملية مكلفة وغير مجدية.



شكل 19.1: التوصيلية ومستوى طاقة فيرمي

ويمكن حساب مستوى طاقة فيرمي لمادة معينة بالقانون:

$$E_F = \frac{(hc)^2}{8mc^2}(\frac{3}{\pi})^{2/3}.n^{2/3} \tag{19.1}$$

$$E_F{=}5.848{\times}10^{-38}{\times}n^{2/3}$$

حيث E_F مستوى طاقة فيرمي للمادة، h ثابت بلانك، $n{=}\frac{N}{V}$ عدد الإلكترونات في وحدة الحجوم، m كتلة الإلكترون، c سرعة الضوء.

[1]تترجم أيضا نطاق تكافؤ ونطاق توصيل، لأنها ترجمة كلمة band .

مثال 19.0.126 السؤال

احسب طاقة مستوى فيرمي للنحاس؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=\frac{N}{V}=8.5\times10^{28}e/m^3$

التطبيق:

$E_F=5.848\times10^{-38}\times n^{2/3}$

$E_F=5.848\times10^{-38}\times(8.5\times10^{28})^{2/3}$

$E_F=\frac{1.13\times10^{-18}J}{1.6\times10^{-19}}=7.06eV$

النتيجة: مستوى طاقة فيرمي للنحاس يساوي 7.06 إلكترون فولت.

19.1 أشباه الموصلات

تنقسم المواد حسب توصيليتها إلى:

موصلة هي المواد التي توصل التيار الكهربائي مثل النحاس والحديد.

عازلة هي المواد التي لا توصل التيار الكهربائي مثل الخشب والبلاستيك.

شبه موصلة هي المواد التي تتغير قدرتها على توصيل الكهرباء بالشوائب المضافة، والتغير في درجة حرارتها، مثل السيليكون والجرمانيوم.

وتزداد ناقلية أشباه الموصلات بارتفاع درجة الحرارة، ويمكن زيادة عدد الشحنات (إلكترونات سالبة، فجوات موجبة) بإضافة كمية قليلة من مواد أخرى مانحة *Donor* تعطي إلكترونات حرة، أو متقبلة *Acceptor* تعطي فجوات، وتتميز الأدوات الكهربائية المصنوعة من أشباه الموصلات بقلة استهلاكها للكهرباء، وانخفاض الحرارة الناتجة عنها (الطاقة المفقودة)، كما أن عمرها الافتراضي كبير، وأهم مادتين من أشباه الموصلات هي السيليكون والجرمانيوم، لكن يفضل السيليكون على الجرمانيوم لسببين، الأول أنه أكثر وفرة وبالتالي أقل ثمن، والثاني أن التغير في توصيلية الجرمانيوم حساس للحرارة، فكل تغير في درجة الحرارة يسبب تغير كبير في التوصيلية، فتصعب عملية التحكم في الخرج الكهربائي.

الإلكترون الحر هو إلكترون سالب في شبه الموصل، ولا يرتبط بروابط تساهمية، وله قدرة على الانتقال من ذرة إلى أخرى.

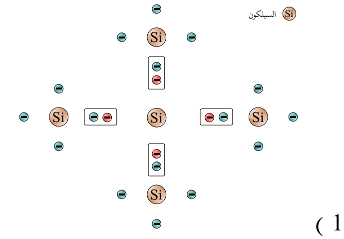
الفجوة هي حيز فارغ حول ذرة شبه الموصل، وتحمل شحنة موجبة، ولديها القدرة على الانتقال من ذرة إلى أخرى.

19.1.1 السيليكون

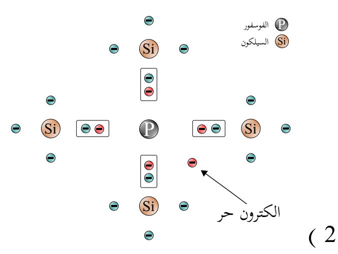


شكل 19.2: مكونات تحتوي السيليكون[2]

السيليكون Si^{28}_{14} هو عنصر شبه فلزي من المجموعة الرابعة في الجدول الدوري وثابت الشبكة البلوري له 5.431 أنجستروم وطاقة الفجوة العازلة له $1.1eV$، ويحتوي على 4 إلكترونات في مداره الأخير، فيكون تكافؤه Si^4 ، ولهذا تميل ذرته لتكوين 4 روابط تساهمية مع 4 ذرات لكي تصل للاستقرار[2]، ويوجد ثلاثة أنواع من الروابط التساهمية التي تصنعها ذرة السيليكون مع الذرات الأخرى:

1) 

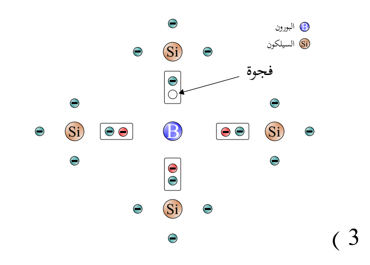
روابط تساهمية مع ذرات سيليكون أخرى، وفي هذه الحالة لا توجد إلكترونات حرة أو فجوات (عند الصفر المطلق)، وبالتالي يصبح السيليكون عازل للكهرباء، لكن عند تسخينه إلى درجة حرارة معينة، تبدأ روابط الإلكترونات بالتكسر، وتنطلق داخل العينة على شكل الكترونات حرة، فتكتسب العينة صفة التوصيلية الكهربائية، ما دامت ساخنة. حيث $n=p$

2) 

روابط تساهمية مع ذرات عناصر المجموعة الخامسة، والتي عدد الكترونات مستواها الأخير أكثر من 4 ، وفي هذه الحالة يتشارك العنصر

[2]تصل الذرة لمرحلة الاستقرار إذا كان في مدارها الأخير 8 إلكترونات.

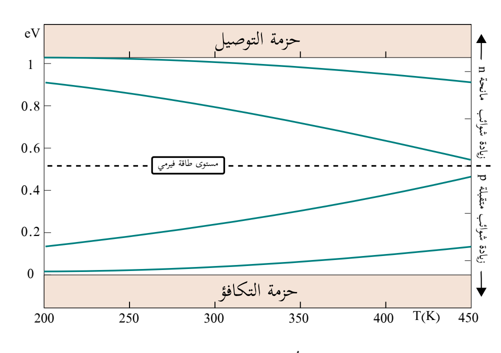
بأربعة منها مع ذرات السيليكون، والالكترون المتبقي يصبح الكترون حر داخل العينة، ويسمى السيليكون في هذه الحالة شبه موصل من النوع السالب n إختصار *negative*. حيث $n=p+N_D^+$



3) روابط تساهمية مع ذرات عناصر المجموعة الثالثة، والتي عدد إلكترونات مستواها الأخير أقل من 4 ، وفي هذه الحالة يتشارك بها العنصر مع ذرات السيليكون، ولأن عددها 3 فإن أحد ذرات السيلكون لن يحصل على إلكترون تساهمي، وسيبقى هناك مكان فارغ له، هذا المكان الفارغ يسمى فجوة *hole*، ويسمى السيلكون في هذه الحالة شبه موصل من النوع الموجب P إختصار *positive*. حيث $p=n+N_A^-$

حيث n مجموع الالكترونات الحرة في السيليكون والشوائب، p مجموع الفجوات في السيليكون والشوائب، N_D^+ عدد أيونات الشوائب الموجبة، N_A^- عدد أيونات الشوائب السالبة.

ويجب ملاحظة نقطتين وهي أن الفجوات والإلكترونات الحرة داخل العينة تتحرك بشكل عشوائي، وأن عدد الإلكترونات الحرة وعدد الفجوات متساوي وذلك عند الاتزان الحراري لعينة السيليكون النقي، ويتغير موضع مستوى طاقة فيرمي بالنسبة للسيليكون بتغير كمية الشوائب ونوعها كما في الرسم البياني التالي لأربع عينات:



شكل 19.3: تأثير زيادة الشوائب على السيليكون

إن كل خط أخضر على الرسم يمثل تغير موضع الحزمة لكمية شوائب معينة، أي يمثل الرسم عينتين n وعينتين p ، ونلاحظ أن زيادة الشوائب المانحة n تؤدي إلى ابتعاد حزمة التوصيل عن مستوى طاقة فيرمي، بينما تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى اقترابها منه. كذلك زيادة الشوائب المتقبلة p تؤدي إلى ابتعاد حزمة التكافؤ عن مستوى طاقة فيرمي، بينما تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى اقترابها منها.

التشويب أو التطعيم

هو عملية إضافة عنصر لشبه الموصل النقي، ويكون عادة عنصر من المجموعة الخامسة في الجدول الدوري إذا اردنا الحصول على شبه موصل من النوع n ، أو عنصر من المجموعة الثالثة إذا اردنا الحصول على شبه موصل من النوع p .

قانون فعل الكتلة ويستخدم لحساب الفجوات أو الإلكترونات الحرة في شبه موصل مضاف له شوائب.

$$n_i^2 = np \qquad (19.2)$$

حيث n_i تركيز الفجوات أو الإلكترونات الحرة في السيليكون النقي، n تركيز الإلكترونات الحرة، p تركيز الفجوات.

وفي حالة التطعيم من النوع n نعوض عن n بتركيز الشوائب الموجبة N_D^+ حيث D اختصار معطي أو مانح، وفي حالة التطعيم من النوع p نعوض عن p بتركيز الشوائب السالبة N_A^- حيث A اختصار مستقبل أو متلقي.[3]

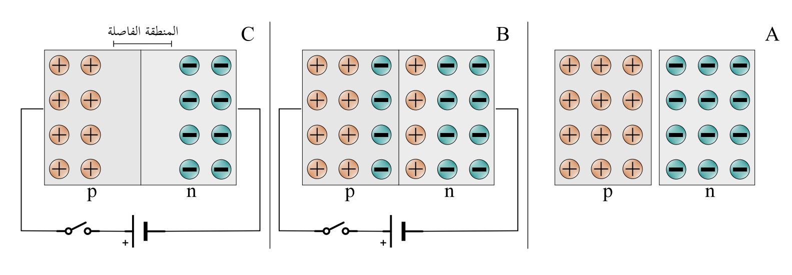
19.1.2 المكونات والنبائط الإلكترونية

النبائط الإلكترونية هي المكونات التي نضعها في الدائرة الكهربائية، مثل المقاومة والمكثف والترانزستور والملف والدايود وغيرها.

[3] التركيز هو عدد الفجوات أو الإلكترونات في وحدة الحجوم.

19.1.2.1 الوصلة الثنائية

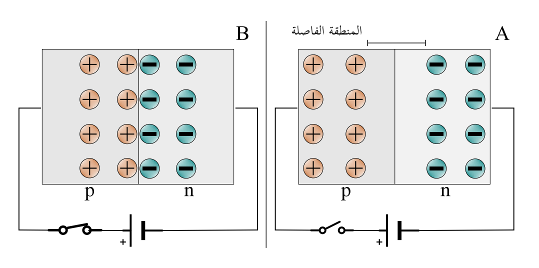
الوصلة الثنائية هي قطعة إلكترونية مكونة من شبه موصل من النوع n موصول به آخر من النوع p .



شكل 19.4: الوصلة الثنائية

قبل وصل شبه الموصل n وشبه الموصل p ، تكون الإلكترونات الحرة موزعة على n والفجوات موزعة على p عشوائيا كما في الرسم A ، وبمجرد وصلهما في المصنع، تبدأ الإلكترونات الحرة بالانتقال لملء الفجوات في p كما في الرسم B ، فيصبح لدينا منطقة فرق جهدها يساوي $0.7V$ بالنسبة للسيليكون، وتسمى المنطقة الفاصلة أو القاحلة لعدم احتوائها على إلكترونات حرة أو فجوات. وتوجد طريقتين لوصل الوصلة الثنائية بالبطارية:

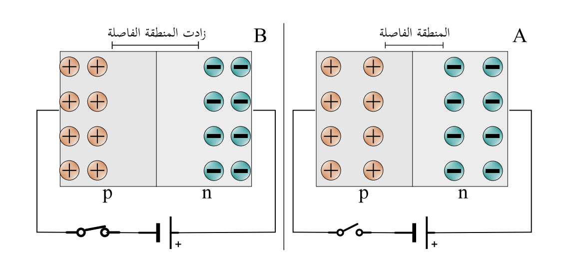
طريقة الانحياز الأمامي وتكون بإيصال الأقطاب المتشابهة بعضها، أي إيصال القطب السالب للبطارية بالجزء السالب n في الوصلة الثنائية، ووصل القطب الموجب في البطارية بالجزء الموجب p في الوصلة الثنائية.



شكل 19.5: الاتجاه الأمامي

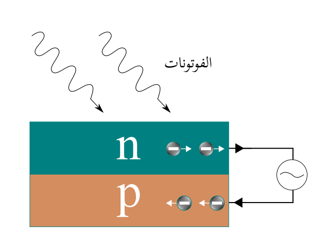
عندما نقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية فإن الإلكترونات الحرة في n تتنافر مع إلكترونات التيار السالب القادم من البطارية، وهذا يجعلها تقترب من p بشدة وهذا يقلل من عرض المنطقة الفاصلة، ويحدث نفس الشيء عند القطب الموجب، حيث تتنافر الفجوات الموجبة في p ، مع القطب الموجب القادم من البطارية، وهذا يجعلها أيضا تقترب من n بشدة، فيقل عرض المنطقة الفاصلة أكثر وأكثر، وبالتالي يقل فرق الجهد بينهما ويستطيع التيار الكهربائي المرور، وتعمل الدائرة الكهربائية.

طريقة الانحياز العكسي وتكون بإيصال الأقطاب المختلفة بعضها، أي إيصال القطب السالب للبطارية بالجزء الموجب p في الوصلة الثنائية، ووصل القطب الموجب في البطارية بالجزء السالب n في الوصلة الثنائية.



شكل 19.6: الاتجاه العكسي

عندما نقوم بإغلاق الدائرة الكهربائية (بطريقة الأقطاب المختلفة) فإن الإلكترونات الحرة في n تنجذب للقطب الموجب القادم من البطارية، وهذا يجعلها تبتعد عن p بشدة، وهذا يزيد من عرض المنطقة الفاصلة، ويحدث نفس الشيء في الجهة الأخرى، حيث تنجذب الفجوات الموجبة في p ، إلى القطب السالب القادم من البطارية، وهذا يجعلها أيضا تبتعد عن n بشدة، فيزيد عرض المنطقة الفاصلة أكثر وأكثر، وبالتالي يزيد فرق الجهد بينهما ولا يستطيع التيار الكهربائي المرور، ولا تعمل الدائرة الكهربائية.



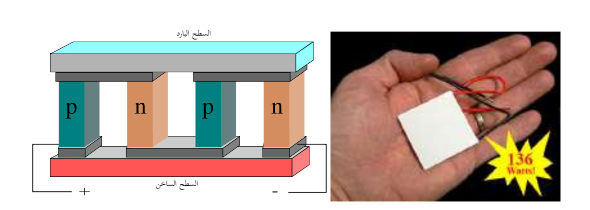
شكل 19.7: الخلية الشمسية

19.1.3 الخلايا لشمسية

الخلية الشمسية هي وصلة ثنائية مكونة من شريحة سيليكون تحتوي على شوائب n في أعلاها وشوائب p في أسفلها، وعند سقوط الضوء على الطبقة n يتحرر ويتحرك إلكترون حر ويسير في السلك مولدا التيار الكهربائي.

19.1.4 الخلايا الكهروحرارية

الخلية الكهروحرارية[4] هي قطعة مكونة من شريحتين من مادتين مختلفتين وملتصقتين ببعضهما وعندما تكون إحدى الشريحتين أسخن من الأخرى يتولد تيار كهربائي. وقد أصبحت الآن تصنع من مصفوفة من الوصلات الثنائية بين طبقتي حماية وتحول الحرارة إلى كهرباء والكهرباء إلى حرارة، وأسعارها أصبحت منخفضة نسبيا، وتسمى أحيانا على اسم مخترعها بلتير Peltier .

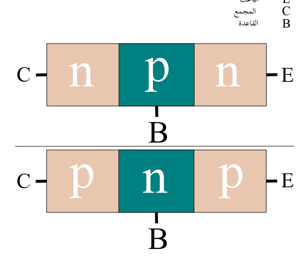


شكل 19.8: الخلية الكهروحرارية[4]

وتستخدم بطريقتين:

1) لتوليد الكهرباء: حيث تقوم بتوليد الكهرباء عند ما يكون أحد وجهي الشريحة أسخن من الآخر، فيمكن أن يتولد التيار بالتسخين المباشر أو بالوضع على الجلد، أو عند تعريضها لحرارة الشمس.

2) للتبريد أو التسخين: حيث يتجمد أحد وجهي الشريحة عند توصيل الشريحة بمصدر للتيار الكهربائي المستمر ويسخن الآخر، مما سمح بتصنيع ثلاجات بدون كمبرسور أو غاز فريون.



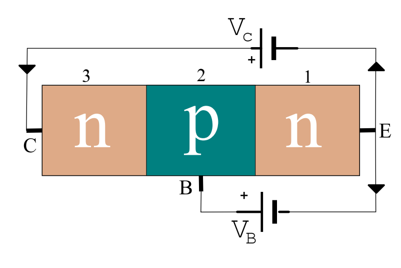
شكل 19.9: الترانزستور

19.1.5 الترانزستور

الترانزستور هو مكون إلكتروني يتركب من 3 قطع شبه موصلة، الأطراف متشابهه والوسط مختلف. ويوجد نوعين منها npn وهو الأكثر استخدام و pnp ، وهو صغير جدا حيث تكون مساحته عادة $210\mu m^2$ لكنه يغلف بغلاف أكبر منه بكثير.

مكونات الترانزستور الباعث E - المجمّع C - القاعدة B

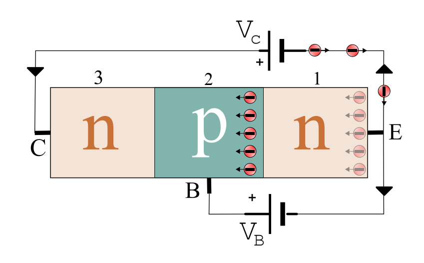
آلية عمل الترانزستور



شكل 19.10: آلية الترانزستور

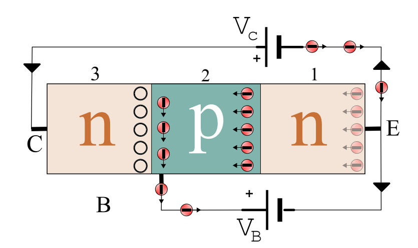
يقوم الباعث E ببعث الشحنات الكهربائية للمجمّع C، بينما تقوم القاعدة B بالتحكم بمقدار الشحنة الواصلة للمجمع ولهذا يتم إضافة كمية قليلة من الشوائب للقاعدة لجعل موصليتها منخفضة وبالتالي كمية التيار المار فيها منخفض. فإذا زاد التيار نسمي الترانزستور »مكبر«، وإذا منع الشحنات نسميه »مفتاح«.

[4]مكتشف الظاهرة الفيزيائي الألماني سيبك المتوفى عام 1831م.



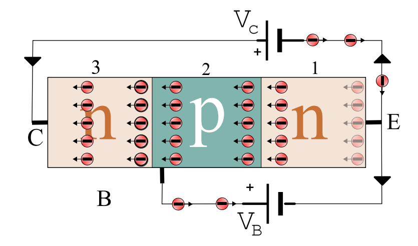
شكل 19.11: الانحياز الأمامي في الترانزستور

وعند إغلاق الدائرة الكهربائية، تبدأ الإلكترونات بالانتقال من القطب السالب للبطارية V_c المغذية للمجمع، وبعد انتقالها من الباعث E إلى شبه الموصل (1) من النوع n يحصل لها انحياز أمامي وتنتقل الإلكترونات إلى شبه الموصل (2) من النوع p .



شكل 19.12: الانحياز العكسي في الترانزستور

بعد وصول الإلكترونات لشبه الموصل (2) ، تحاول العبور إلى شبه الموصل (3)، لكن بما أن (2) من النوع p لذا سيكون نوع الانحياز عكسي ولن تستطيع الإلكترونات العبور إلى المجمّع C ، عندها تقوم دائرة القاعدة بعمل قطب موجب أسفل شبه الموصل p ، وهذا سيجعل الإلكترونات المسببة للانحياز العكسي تنجذب له وتخرج إلى البطارية V_B.



شكل 19.13: مرور التيار في الترانزستور

بعد زوال فرق الجهد المسبب للانحياز العكسي، تتحرك الإلكترونات بسهوله إلى المجمع، ويصبح الترانزستور كانه مفتاح كهربائي في وضعية on .

قانون حساب نسبة تكبير التيار في الترانزستور

$$\beta_e = \frac{I_c}{I_B} \tag{19.3}$$

حيث I_c تيار الجامع، I_B تيار القاعدة.

الرقمي والتناظري

بعد انتشار القنوات الفضائية سمعنا بالقنوات الرقمية *Digital* فما هي قصتها ؟ !، ثم انتشرت إلى أن أصبحت هي الأساس في البث التلفزيوني.

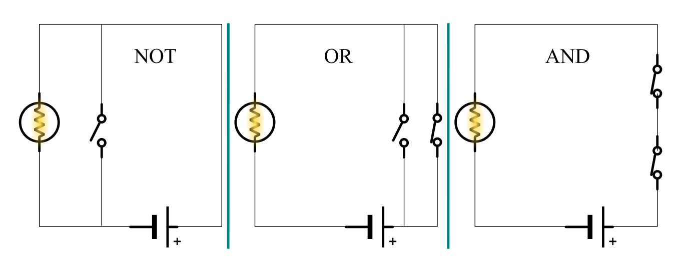
في السابق كان يتم البث التلفزيوني بطريقة البث التناظري، ويعني أن الصورة والصوت تبث على شكل موجات كهرومغناطيسية عادية، يستقبلها التلفزيون ويظهرها على الشاشة كما هي، ورغم سهولة العملية نسبيا، إلا أن المشاهد كان أحيانا يواجه مشكلة في الصوت والصورة على شكل خطوط أو اختفاء لبعض الصور نتيجة تداخل الموجة مع مصادر التشويش المحيطة، فتم اختراع البث الرقمي، ويعني تحويل البيانات قبل إرسالها إلى شفرات مبنية من عدد لا متناهي من 0 و 1 ، ويسميان *bit* وهي اختصار

كلمتي رقم ثنائي *binary digit* وهي نفس الآلية التي يستخدمها الحاسب الآلي في التعامل مع البيانات، وبعد وصول البث الرقمي للتلفزيون تقوم شريحة مدمجة فيه بفك شيفرة البيانات الرقمية وإعادة عرضها على الشاشة، ومن مميزات البث الرقمي القدرة على إرسال النصوص إلى التلفزيونات، وإمكانية إرسال الصوت على عدة مسارات tracks مع الصورة.

البوابات المنطقية

هي عناصر منطقية تتحكم في عملية مرور التيار 1 أو عدم مرور التيار 0 ولكن بطرق مختلفة.

أشهر البوابات المنطقية



شكل 19.14: ألبوبات المنطقية

بوابة اللاسماح *NOT* وهي بوابة بسيطة تعكس القيمة المعطاة، فإذا كان الدخل 1 تعطي 0 ، والعكس صحيح.

بوابة الاختيار *OR* وهي بوابة لوصل عدة خطوط دخل بالبوابة، وتعطي خرج 1 إذا كان دخل واحد منها أو أكثر يساوي 1 .

بوابة التوافق *AND* وهي تعني أننا إذا وصلنا عدة خطوط دخل بالبوابة فإنها لن تعطي خرج 1 إلا إذا كان دخل جميع الخطوط 1 .

19.2 التدريبات

1- السيليكون من المواد ؟

ا) شبة الموصلة ✓ ج) العازلة

ب) الموصلة د) السائلة

2- أشباه الموصلات النقية لا توصل التيار الكهربائي إلا إذا أضيف لها شوائب أو حدث تغير في .... ؟

ا) الطول ج) الكتلة

ب) درجة الحارارة ✓ د) اللون

3- أشباه الموصلات نوع n يضاف لها شوائب تملك في مدارها الأخير ؟

ا) 3 الكترونات ج) 5 الكترونات ✓

ب) 4 الكترونات د) 6 الكترونات

4- أشباه الموصلات نوع p يضاف لها شوائب تملك في مدارها الأخير ؟

ا) 3 الكترونات ✓ ج) 5 الكترونات

ب) 4 الكترونات د) 6 الكترونات

5- تكافؤ السيليكون ؟

ا) 2 ج) 4 ✓

ب) 9 د) 6

6- إذا اردنا صنع شبه موصل من النوع n فإننا نضيف له عنصر من المجموعة ...... في الجدول الدوري؟

ا) الثالثة ج) الخامسة ✓

ب) الرابعة د) الثامنة

7- إذا اردنا صنع شبه موصل من النوع p فإننا نضيف له عنصر من المجموعة ...... في الجدول الدوري؟

ا) الثالثة ✓ ج) الخامسة

ب) الرابعة د) الثامنة

8- أحد الاشياء التالية ليس من النبائط الالكترونية ؟

ا) الاميتر ✓ ج) الوصلة الثنائية

ب) المقاومة د) المكثف

9- في الوصلة الثنائية، إذا أوصلنا قطب البطارية الموجب بـ n والقطب السالب بـ p فإن التيار سيمر في الدائرة الكهربائية ؟

ا) صح ب) خطأ ✓

10- احسب شدة المجال المغناطيسي على بعد $20cm$ من سلك يمر به تيار مقداره $4A$ ، حيث نفاذية الهواء $4\pi\times10^{-7}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $d=0.2m$ ، $I=4A$

التطبيق:

$$B=\frac{\mu I}{2\pi d}$$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times4}{2\pi\times0.2}$$

$$=4\times10^{-6}Tesla$$

11- احسب شدة المجال المغناطيسي في مركز ملف طوله $24cm$ وعدد لفاته 34 لفه، ويمر به تيار مقداره $0.5A$ ، حيث يحتوي قلب حديدي نفاذيته $1.63\times10^{-2}weber/A.m$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $r=0.1m$ ، $I=12A$ ، $N=50$

التطبيق:

$$B=\frac{\mu NI}{L}$$

$$=\frac{1.63\times10^{-2}\times34\times0.5}{0.24}$$

$$=1.15Tesla$$

12- يتولد مجال مغناطيسي حول السلك الذي يمر به تيار كهربائي ؟

ا) صح ✓ ب) خطأ

13- احسب طاقة مستوى فيرمي للفضة ؟

الحل

تعيين المعطيات: $n=\frac{N}{V}=5.86\times10^{28}e/m^3$

التطبيق:

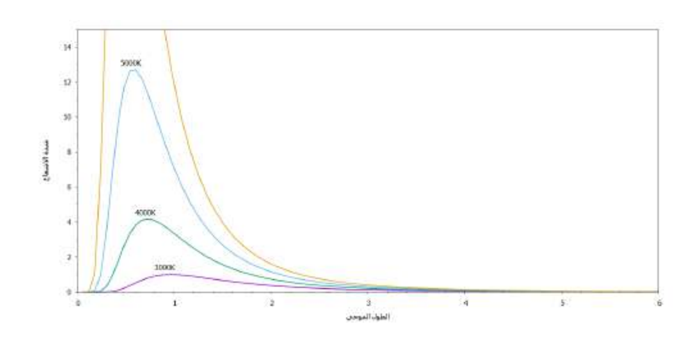
$$E_F=5.848\times10^{-38}\times n^{2/3}$$

$$E_F=5.848\times10^{-38}\times(5.86\times10^{28})^{2/3}$$

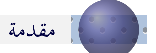
$$E_F=\frac{8.822\times10^{-19}J}{1.6\times10^{-19}}=5.51eV$$

20

ازدواجية الموجة والجسيم



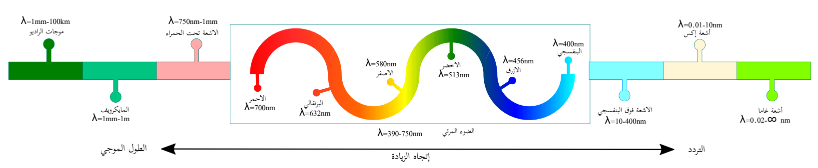
- الجسم الأسود
- التأثير الكهروضوئي
- المجهر الإلكتروني



مقدمة

الضوء هو موجات كهرومغناطيسية في نطاق محدد من الأطوال الموجية، ويخرج من مصادر متنوعة منها الذاتي الإضاءة مثل الشمس ومنها العاكس مثل القمر، وقد لاحظ العلماء عند دراستهم للضوء الصادر من الأجسام الساخنة، مثل النجوم أو الأجسام المحترقة أنها تصدر أطياف متعددة من الضوء، ولكل لون شدة إضاءة قصوى تختلف باختلاف درجة الحرارة، فحاولوا تفسير هذه الظاهرة، إلا أنهم فشلوا، حتى جاء بلانك وحلها بناء على فرضية الجسم الأسود لكيرشوف.

شكل 20.1: شعلة الصوديوم[2]



شكل 20.2: الموجات الكهرومغناطيسية

20.1 الجسم الأسود

الجسم الأسود

هو جسم مادي مثالي، عند الاتزان الحراري (عند درجة حرارة ثابتة) يمتص كل الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة عليه، بغض النظر عن ترددها أو زاوية سقوطها، ويعيد بثها على شكل طيف من الأشعة يتناسب مع درجة حرارته، بنفس كثافة الإشعاع في كل الاتجاهات.[1]

يتميز الجسم الأسود بأنه عند ثبوت درجة الحرارة:

1) مشع مثالي: لكل تردد، يبث مقدار أو أكثر من الطاقة الإشعاعية.

2) مشع انتشاري: يشع الموجات بنفس الكثافة في كل الاتجاهات (توزيع أيزوتروبيكالي للطاقة).

تم تصمم الجسم الأسود المثالي على شكل صندوق من البلاتين[2]، مطلي داخله بخليط من أكسيد الحديد والكروم والنيكل وأكسيد الكوبلت، وبه ثقب صغير لدخول الموجات، ولا زال يستخدم، لكن أيضا يستخدم تصميم آخر على شكل كرة مجوفة.

20.1.1 قانون بلانك

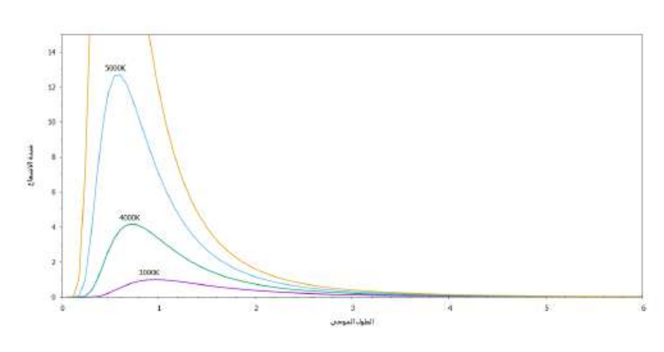
وعندما درس بلانك الجسم الأسود، توصل إلى أن حرارة الجسم هي العامل الوحيد المحدد لكمية الطاقة المنبعثة عند طول موجي معين، وأن الجسم الأسود يشع الموجات الصادرة منه على شكل كمات (فوتونات) غير قابلة للتجزيء.

$$P_\lambda=\frac{C_1\lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T}-1}$$

حيث $C_1=2hc^2=3.7415\times10^{-16}$، $C_2=hc/k=1.43879\times10^{-2}$، $h=6.625\times10^{-34}$، و P طيف الإشعاع.

$$E=\frac{hc}{\lambda}=h\nu$$

حيث ثابت بلانك $h=6.6\times10^{-34}\,J.s$ ، ν التردد، E الطاقة ، λ الطول الموجي.



شكل 20.3: منحنى بلانك

ومن الرسم نلاحظ أن الطول الموجي عند شدة الإشعاع القصوى يتناسب عكسيا مع طاقة الموجة المنبعثة، فقمة المنحنى تنزاح لليسار (نقصان λ) بزيادة درجة الحرارة، وتزداد شدته بزيادة درجة الحرارة، فارتفاع القمة باتجاه المحور Y يزداد (زيادة شدة

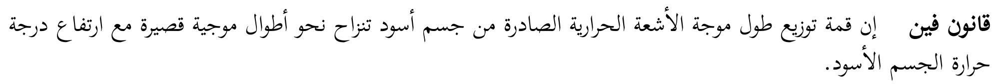
[1] أول من وضع فكرة الجسم الأسود هو كيرشوف المتوفى 1887م.
[2] صممه الألمانيان لومر ت 1925م، وكورلبوم ت 1927م.

الإشعاع) بزيادة درجة الحرارة. كما نلاحظ أن الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة عن الجسم الأسود تكون بطيف من الأطوال الموجية، أي أن الجسم الأسود - عند نفس درجة الحرارة - يصدر موجات متنوعة، قد يكون منها ألوان الطيف والأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية، لكن الشدة القصوى تكون عند واحد منها فقط، بالإضافة إلى أن المنحنى ذو التواء *skewness* لليمين دائما، أما تفرطحه *kurtosis* فيزداد تدببه (مدبب) *leptokurtic* مع ارتفاع درجة الحرارة (معظم القيم بالقرب من الوسط الحسابي)، وهذه إيجابية وسلبية في نفس الوقت، فالإيجابية أننا نستطيع صنع مصابيح ضوئية تعطي شدة إشعاع عند لون معين، أو في الشمس حيث تعطينا جزء من الطيف على شكل ضوء لنرى وجزء كأشعة حرارية تدفيء الأرض، أما كونها سلبية فلأننا نفقد جزء من الطاقة على شكل موجات لا نرغبها، وإنما هدر على شكل موجات تحت حمراء مثلا، والتصوير الحراري وتقنية الاستشعار عن بعد من التطبيقات العملية على هذا المفهوم.

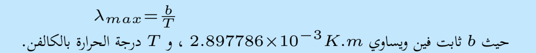
شكل 20.4: الاستشعار عن بعد[1]

قانون فين إن قمة توزيع طول موجة الأشعة الحرارية الصادرة من جسم أسود تنزاح نحو أطوال موجية قصيرة مع ارتفاع درجة حرارة الجسم الأسود.

أي أننا إذا نظرنا إلى منحنى بلانك، سنجد أن قمة الموجة يقل طولها الموجي (تتجه لليسار) كلما كانت درجة الحرارة أعلى.



$$\lambda_{max}=\frac{b}{T}$$

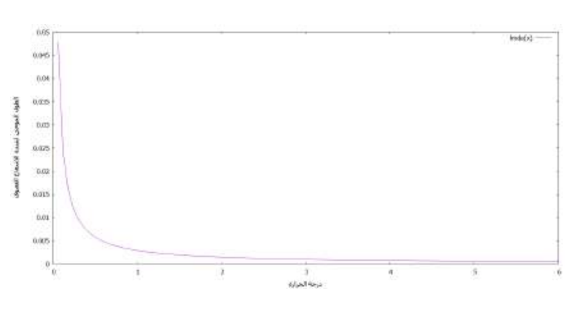


حيث b ثابت فين ويساوي $2.897786\times10^{-3}K.m$ ، و T درجة الحرارة بالكالفن.

وبما أن درجة الحرارة T في المقام ، لذا هي متناسبة عكسيا مع الطول الموجي λ للشدة القصوى، أي كلما زادت درجة الحرارة قل الطول الموجي للشدة القصوى وزاد التردد، وهذا يفسر زيادة توهج وابيضاض المعادن مع زيادة درجة حرارتها.

ويستفاد من هذه الظاهرة في بعض الاستخدامات العملية مثل:

- الاستشعار عن بُعد وهو نوع من التصوير للأرض بالأقمار الصناعية.
- التصوير الحراري للأجسام سواء للاستخدامات المدنية أو العسكرية.



شكل 20.5: منحنى فين

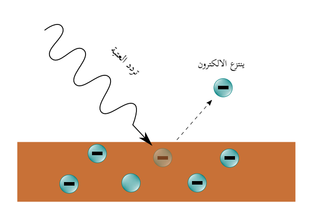
⋆ طرفة علمية

فيتامين د ينتج عند تعرض الجلد للأشعة فوق البنفسجية من النوع B لمدة 10د من الساعة 10-3 عصرا، بدون حائل زجاجي لأن الزجاج يمتصها.

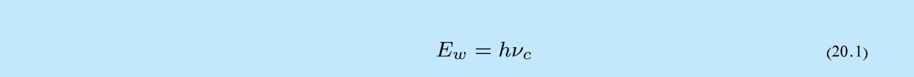
20.2 التأثير الكهروضوئي والانبعاث الحراري

20.2.1 التأثير الكهروضوئي

هو ظاهرة تحدث نتيجة تحرر إلكترون بتأثير موجة كهرومغناطيسية ساقطة عليه، تكون طاقتها أكبر أو تساوي دالة الشغل الحرجة (الطاقة الحرجة)، ويسمى تردد الموجة الساقطة في هذه الحالة بتردد العتبة، أي إذا كان تردد الموجة الساقطة (الفوتون) $\leq$ تردد العتبة فإن الإلكترون سيتحرر، أما إذا كان التردد اقل من ذلك فلن يحدث شيء، وأول من لاحظها العالم هيرتز، حيث شاهد ومضات تظهر على سطح أحد المعادن، وذلك أثناء إجرائه تجارب على الأشعة فوق البنفسجية، وقد سجل هذه الملاحظة، لكنه لم يستطع تفسيرها، ثم جاء أينشتاين وفسرها عام 1905م وحصل به على جائزة نوبل.



شكل 20.6: التأثير الكهروضوئي



$$E_w = h\nu_c \tag{20.1}$$

حيث ν_c تردد العتبة وينطق نيو nu ، h ثابت بلانك.

⋆ ومضة

إذا كانت λ للفوتون تقارب المسافة بين ذرات المادة أو اقل، فإن الفوتون ينفذ خلال السطح ولا يصطدم بالإلكترونات.

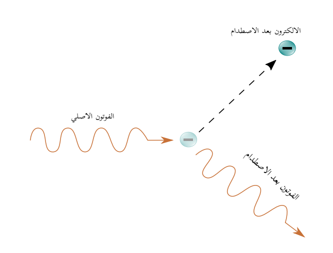
وهي أقل شغل يلزم لتحرير الإلكترون من المعدن، وإذا كانت دالة الشغل E التي أثرت بها الموجة (الفوتون) المغناطيسية الساقطة على الإلكترون، أكبر من دالة الشغل الحرجة E_w ، فإن جزء من الشغل يحرر الإلكترون، والشغل المتبقي يُكسب الإلكترون طاقة حركية.

$$E = E_w + \frac{1}{2}mv^2 \qquad (20.2)$$

$$KE = hf_1 - hf_0 \qquad (20.3)$$

حيث E الشغل الذي تبذله الموجة الساقطة، E_w دالة الشغل الحرجة.

وإذا كانت دالة شغل الموجة الساقطة E أقل من دالة الشغل الحرجة E_w اللازمة لتحرير الإلكترون، فإن الإلكترون لا يتحرر، مهما كانت شدة الموجة، أو زمن تأثيرها على الإلكترون.



شكل 20.7: تأثير كمبتنون

20.2.2 تأثير كمبتون

هي ظاهرة تحدث نتيجة سقوط موجة كهرومغناطيسية ذات تردد عال (السينية، غاما)، على إلكترون حر، فينشأ عن ذلك اكتساب الإلكترون لجزء من طاقة الموجة الساقطة مما يزيد من طاقته الحركية ويغير اتجاهه، ويقل تردد الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة ويتغير اتجاهها.[3]

ويمكننا حساب القوة التي تؤثر بها الفوتونات على السطح بالقانون:

$$F{=}2mc\Phi_L$$

$$F = \frac{2h\nu\Phi_L}{c} = \frac{2P_w}{c} \qquad (20.4)$$

حيث Φ_L معدل الفوتونات الساقطة/ثانية، P_w قدرة الفوتونات الساقطة على المعدن.

أي أن القوة تزداد بزيادة عدد الفوتونات الساقطة على المعدن.

مثال 20.2.127 السؤال

إذا سقط شعاع قدرته $25Watt$ على سطح، فاحسب القوة التي يؤثر بها على السطح ؟

الحل

تعيين المعطيات: $P_w{=}25Watt$

التطبيق:

$$F{=}\frac{2P_w}{c}$$

$$={\frac{2\times 25}{3\times 10^8}}$$

$$=16.66\times 10^{-8}N$$

النتيجة: القوة التي يؤثر بها الشعاع الساقط تساوي 16.66×10^{-8} نيوتن.

ويمكننا استنتاج العلاقة بين كمية الحركة والطول الموجي

$$P{=}mc \qquad (1)$$

$$E{=}h\nu \qquad (2)$$

$$E{=}mc^2 \qquad (3)$$

نساوي المعادلتين 2،3 :

$$mc^2{=}h\nu$$

$$m{=}\frac{h\nu}{c^2} \qquad (4)$$

نعوض من 4 في 1 :

$$P{=}\frac{h\nu c}{c^2}$$

$$P{=}\frac{h\nu}{c} \qquad (5)$$

$$\lambda{=}\frac{c}{\nu} \qquad (6)$$

نعوض من 6 في 5 :

[3] آرثر كمبتون فيزيائي أمريكي ت 1962م.

فنحصل على القانون

$$P = \frac{h}{\lambda} \qquad (20.5)$$

حيث h ثابت بلانك، P كمية الحركة، λ الطول الموجي.

ونلاحظ من معادلة اينشتاين $E{=}mc^2$ ، أن للفوتون كتلة، وهذا يثبت الطبيعة الجسيمية للضوء، بالإضافة إلى طبيعته الموجية.

مثال 20.2.128 السؤال

احسب كمية الحركة والكتلة لفوتون طوله الموجي $400nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda{=}400nm$

التطبيق:

$P{=}\frac{h}{\lambda}$

$={\frac{6.625\times10^{-34}}{400\times10^{-9}}}$

$=1.656\times10^{-27}kg.m/s$

$m{=}\frac{h}{\lambda c}$

$={\frac{6.625\times10^{-34}}{400\times10^{-9}\times3\times10^{8}}}$

$=0.552\times10^{-33}Kg$

النتيجة: كمية الحركة للفوتون $1.656\times10^{-27}kg.m/s$ وكتلة الفوتون 5.52×10^{-34} كيلو جرام.

20.2.3 الطبيعة الموجية للجسيم

استنتج دي برولي[4] أننا نستطيع تطبيق معادلة كمية الحركة السابقة $P{=}h/\lambda$ على الجسيمات التي في حجم الذرة أو أقل، وبما أن $P{=}mv$ فهذا يعني أن الطول الموجي يتناسب عكسيا مع سرعة الجسيم، وافترض أن الجسيم المتحرك له موجه مصاحبة. ووجد العلماء أن الجسيمات الصغيرة حين ترسل على شكل شعاع (صف من الجسيمات المتتابعة)، تصبح لها صفات شبيهة بصفات الموجات، من حيث الانعكاس والانكسار والحيود، بل يمكن تركيزها وتشتيتها بعدسات المجالات الكهربائية والمغناطيسية وهذا دليل على صحة رأي دي برولي.

ومن أكثر التطبيقات شهرة وفائدة، على هذه الحقيقة، اختراع المجهر الإلكتروني.

شكل 20.8: إنخفاض طول موجة دي برولي بتأثير زيادة سرعة الجسيم.

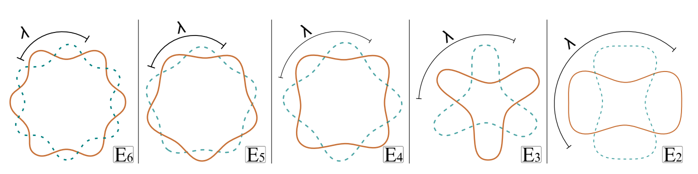
قانون دي برولي

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \qquad (20.6)$$

$$E{=}Vq{=}\frac{1}{2}mv^2 \;\Rightarrow v{=}\sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

حيث v السرعة، V فرق الكمون (الجهد).

والجزء $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ في المعادلة يستخدم فقط عند السرعات النسبية القريبة من سرعة الضوء.



شكل 20.9: موجة دي برولي للإلكترونات حول النواة

[4] دي برولي فيزيائي فرنسي ت 1987م.

مثال 20.2.129 السؤال

احسب طول موجة دي برولي لبروتون ينطلق تحت فرق جهد (كمون) $500V$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $V=500V$ ، $m_p=1.67\times10^{-27}kg$ ، $q=1.6\times10^{-19}C$

التطبيق:

$$v=\sqrt{\frac{2Vq}{m}}$$

$$=\sqrt{\frac{2\times500\times1.6\times10^{-19}}{1.67\times10^{-27}}}$$

$$=3.09\times10^{5}m/s$$

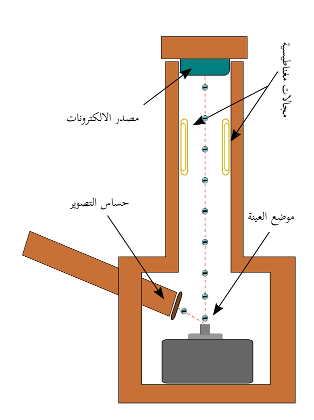
$$\lambda=\frac{h}{mv}$$

$$=\frac{6.625\times10^{-34}}{1.67\times10^{-27}\times3.09\times10^{5}}$$

$$=1.28\times10^{-12}m$$

النتيجة: طول موجة دي برولي لهذا البروتون $1.28\times10^{-12}m$.

20.2.3.1 المجهر الإلكتروني



شكل 20.10: المجهر الالكتروني

يتكون المجهر الإلكتروني من أنبوب مفرغ من الهواء، ومثبت في أعلاه مصدر أو جهاز لإنتاج الإلكترونات (كاثود)، تنطلق منه الإلكترونات متجهة لقاعدة الأنبوب، وتمر في طريقها بمجالات مغناطيسية تعمل على تركيزها في مسار محدد. في اسفل الأنبوب توضع العينة المطلوب تصويرها، ويجب طلائها بمادة معدنية قبل إدخالها في المجهر الإلكتروني.

تنقسم العينات المراد تصويرها إلى نوعين:

- شرائح رقيقة وهذه تعبر من خلالها الإلكترونات وتسقط على شاشة فلمية أو حساس رقمي *seneor* يستقبل الصورة.
- أجسام ثلاثية الأبعاد سواء كانت أجساد كائنات حية أو أحسام جامدة، وهذه تسقط عليها الإلكترونات وترتد، ويتم استقبالها على حساس إلكتروني *sensor* ينقل المعلومات مباشرة للحاسب الآلي، حيث يقوم الحاسب برسم الصورة نقطة بنقطة على شكل رسم ثلاثية الأبعاد.

20.3 التدريبات

1- الجسم ..... المثالي يمتص كل الموجات الكهرومغناطيسية الساقطة عليه ؟

ا) الأسود ✓
ب) الأبيض
ج) الأحمر
د) الأخضر

2- توصل بلانك إلى أن العامل الوحيد المحدد لكمية الطاقة المنبعثة عند طول موجي معين ؟

ا) حرارة الجسم ✓
ب) لون الجسم
ج) وزن الجسم
د) كثافة الجسم

3- الجسم الأسود يشع الموجات على شكل ؟

ا) إلكترونات
ب) فوتونات ✓
ج) بروتونات
د) موجات طوليه

4- الطول الموجي للموجات الصادرة من الجسم الأسود عند شدة الإشعاع القصوى يتناسب طرديا مع طاقة الموجة المنبعثة ؟

ا) صح
ب) خطأ ✓

5- في منحنى بلانك نجد أن قمة الموجة يقل طولها الموجي كلما كانت درجة الحرارة أعلى ؟

ا) صح ✓
ب) خطأ

6- أقل تردد تسمح بتحرر الإلكترون في التأثير الكهروضوئي ؟

ا) تردد العتبة ✓
ب) تردد الربط
ج) تردد الصوت
د) تردد الرنين

7- أي الموجات التالية يمكن أن تسبب ظاهرة كمبتون ؟

ا) أشعة تحت حمراء
ب) أشعة ميكرويف
ج) ضوء أحمر
د) أشعة سينية ✓

7- في تأثير كمبتون، أي عدد فوتونات تؤثر بقوة أكبر على السطح ؟

ا) $20\ photons$ ✓
ب) $15\ photns$
ج) $12\ photons$
د) $2\ photons$

8- احسب كمية الحركة والكتلة لفوتون طوله الموجي $700nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda{=}700nm$

التطبيق:

$$P{=}\frac{h}{\lambda}$$

$$={\frac{6.625{\times}10^{-34}}{700{\times}10^{-9}}}$$

$$={0.946{\times}10^{-27}kg.m/s}$$

$$m{=}\frac{h}{\lambda c}$$

$$={\frac{6.625{\times}10^{-34}}{700{\times}10^{-9}{\times}3{\times}10^{8}}}$$

$$={0.315{\times}10^{-33}Kg}$$

9- احسب سرعة إلكترون وجهد كمونه عندما يكون طوله الموجي $12nm$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $\lambda{=}12{\times}10^{-9}m$ ، $m_e{=}9.1{\times}10^{-31}kg$ ، $q{=}{-}1.6{\times}10^{-19}C$

التطبيق:

$$\lambda{=}\frac{h}{mv}$$

$$12{\times}10^{-9}{=}\frac{6.625{\times}10^{-34}}{1.67{\times}10^{-27}{\times}v}$$

$$v{=}6.06{\times}10^{6}m/s$$

$$Vq{=}\frac{1}{2}mv^2$$

$$V{=}\frac{mv^2}{2q}{=}\frac{9.1{\times}10^{-31}{\times}(6.06{\times}10^{6})^2}{2{\times}{-}1.6{\times}10^{-19}}$$

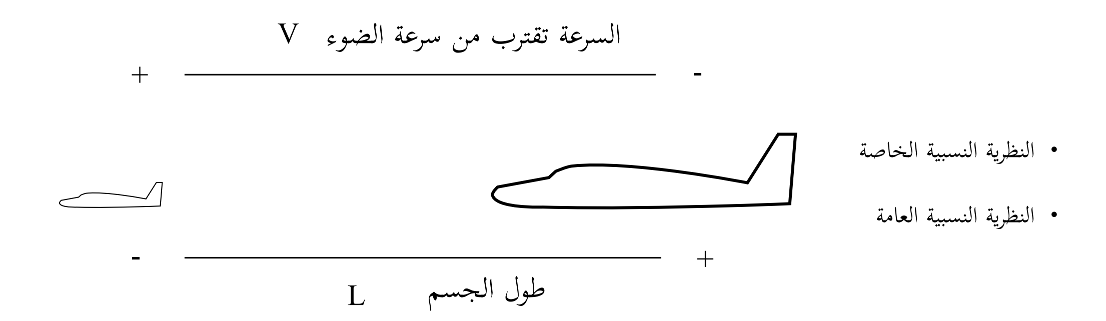
$$={104.43V}$$

10- من نتائج دراسة الظاهرة الكهروضوئية أن الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة من سطح فلزي تعتمد على ؟

ا) طاقة الفوتونات الساقطة ✓
ب) عدد الفوتونات
ج) عدد الإلكترونات
د) عدد الكتلة

21

النظرية النسبية



- النظرية النسبية الخاصة
- النظرية النسبية العامة

مقدمة

مع نهاية القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، بدأ علماء الفيزياء بالتعرف على مفاهيم وقوانين جديدة جعلتهم يعيدون النظر في بعض ما كانوا يعتقدون أنها مسلمات. وعلى رأس هذه المسلمات قوانين نيوتن!، فقانون نيوتن الثاني $F{=}ma$ ، لم يعد صالحا للاستخدام مع الجسيمات الذرية والتحت ذرية، بسبب صغر كتلتها، ولم يعد صالحا للاستخدام مع الكتل المتسارعة إلى سرعة تقارب سرعة الضوء لأن كتلتها تتغير مع السرعة. وهذا ما دفع علماء الفيزياء للبحث عن مخرج من هذه المشكلة.

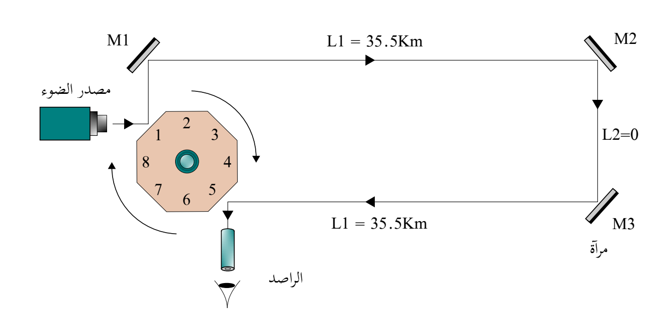
النظرية النسبية مبنية على الزمن وسرعة الضوء، لذا يحسن بنا الحديث عن الضوء وتاريخه العلمي، إن العلماء اليونانيين، كانوا يعتقدون بوجود لوامس تخرج من العين مثل أيدي الأخطبوط أو مثل لوامس قنديل البحر، لكنها شفافة، وتقوم هذه اللوامس بتحسس الأشياء، ومن خلالها تتم الرؤية في العين. واستمر هذا التصور إلى أن جاء الحسن بن الهيثم، الذي توصل من خلال جهاز القمرة الذي صنعه، إلى أن الرؤية تتم نتيجة انعكاس الضوء على الأجسام، ثم جاء نيوتن وطور هذه الرؤية فقال بأن الضوء هو فيض من الجسيمات الصغيرة التي تصطدم بالأجسام، لكن النقلة الأهم، كانت عن طريق هيجينز[1]، حيث افترض أن الضوء عبارة عن موجات. ورغم صحة هذه الرؤية إلا أنها لم تجد القبول من علماء عصره نظراً لقوة المناصرين للرؤية التقليدية المتمثلة بوجهة نظر نيوتن، التي تقول بأن الضوء جسيمات. إلى أن جاء العالم يونج وأثبت أن للضوء طبيعة موجية بالتجربة المشروحة في فصل التداخل والحيود، ثم جاء من بعده مالوس وأثبت أن الضوء عبارة عن موجات مستعرضة بتجربة الاستقطاب.

لقد كانت بداية النقلة الكبرى بوضع النظرية الكهرومغناطيسية على يد ماكسويل في العام 1864م، والذي توصل إلى أن الموجة الكهرومغناطيسية تتكون من مجالين كهربائي (E)) ومغناطيسي (H) متعامدين[16] ويمثلان بالمعادلتين التفاضليتين:

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = c^2.\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} \qquad \frac{\partial^2 H_Z}{\partial t^2} = c^2.\frac{\partial^2 H_Z}{\partial x^2} \tag{21.1}$$

حيث سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ $c{=}1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$، و معامل النفاذية المغناطيسية في الفراغ $\mu_0{=}4\pi\times 10^{-7}N/A^2$ والنفاذية الكهربائية في الفراغ $e_0{=}8.85\times10^{-12}F/m$.

21.0.0.1 سرعة الضوء



شكل 21.1: تجربة مايكلسون لحساب سرعة الضوء

حاول العديد من العلماء حساب سرعة الضوء، وكان منهم جاليلو وفيزو وفوكو، لكن أشهرهم وأدقهم تجربة مايكلسون[2]، حيث وضع أجهزة التجربة على جبلي ويلسون وأنطونيو في كاليفورنيا، كما هو موضح في الرسم. فوضع المرآتين $M2$ و $M3$ على الجبل الأول والمسافة بينهما صغيرة جدا ولهذا نعتبرها تساوي صفر $L2{\simeq}0$. وعلى الجبل الآخر وضع مضلع ثماني الأوجه، وذو أوجه عاكسه، ووضع بجواره مصدر ضوئي ومنظار للرصد، بحيث يقع الضوء على المضلع الثماني ثم ينعكس إلى المرآة $M1$ ومنها إلى المرآة $M2$ على الجبل الأول الذي يبعد $L1{=}35.5Km$ ، ومنها إلى المرآة $M3$ ثم إلى المضلع الثماني، وأخيرا ينعكس الضوء إلى منظار الراصد. ووجد مايكلسون أن الضوء يظهر على شكل نبضات منفصلة، لكن يصبح شعاع الضوء متصل حين تصل سرعة دوران المضلع إلى 529 دورة في الثانية .

وحيث أن الزمن الدوري يساوي مقلوب التردد $t{=}\frac{1}{\nu}$ ، والتردد يساوي عدد الدورات على زمنها $\nu{=}\frac{Kn}{t}$ حيث K عدد أضلاع العاكس وn عدد الدورات، وبالتعويض:

$$\nu{=}\frac{8\times529}{1}$$

$$t{=}\frac{1}{\nu}{=}\frac{1}{8\times529}{=}2.36\times10^{-4}s$$

والسرعة تساوي $C{=}v{=}\frac{d}{t}$

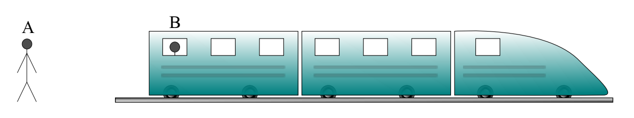
[1] كرستيان هيجنز ت 1695م.

[2] عالم فيزياء ت 1931م.

$$C=\frac{2L1}{t}=\frac{2\times35.5\times10^{3}}{2.36\times10^{-4}}=3\times10^{8}m/s$$

وسرعة الضوء لا يمكن أن تزيد عن سرعتها في الفراغ $3\times10^{8}m/s$ لكن يمكن أن تنقص بمقدار ضئيل عند انتقالها إلى وسط مادي مثل الزجاج ثم تستعيد سرعتها بمجرد خروجها منه.

21.0.0.2 الحركة النسبية



شكل 21.2: السرعة النسبية لرجل في القطار

لنفرض أن رجلا A يقف على رصيف القطار، وكان في القطار رجل آخر B يقف بجوار النافذة، وكانت سرعة القطار $10m/s$ فكم تكون سرعة الرجل B بالنسبة للرجل الموجود على رصيف القطار، بالتأكيد ستكون سرعته النسبية $\vec{V}=\vec{V_A}+\vec{V_B}$، أي أن السرعة النسبية تساوي السرعة المتجهة للرجل الأول زائد السرعة المتجهة للرجل الثاني:

$$V=0+10=10m/s$$

لنفرض بعض الحالات:

أ- لنغيّر قليلا ولنقل أن الرجل A بدأ بالسير بسرعة $2m/s$ في اتجاه معاكس لحركة القطار، فكم تكون السرعة النسبية:

$$V=10+2=12m/s$$

ب- لنغيّر المثال ولنفرض أن الرجل A كان يسير بسرعة $2m/s$ ولكن في نفس اتجاه حركة القطار، كم تكون السرعة النسبية للرجل B بالنسبة للرجل A :

$$V=10-2=8m/s$$

أخيرا، لنُعد نفس الحالتين الأخيرتين مع جعل الرجل A ساكن:

ج- لنفرض أن الرجل B يتحرك داخل القطار بسرعة $2m/s$ في نفس اتجاه حركة القطار، فكم تكون الحركة النسبية له بالنسبة للرجل A :

$$V=(10+2)+0=12m/s$$

د- لنفرض أن الرجل B يتحرك داخل القطار بسرعة $2m/s$ في عكس اتجاه حركة القطار، فكم تكون الحركة النسبية له بالنسبة للرجل A :

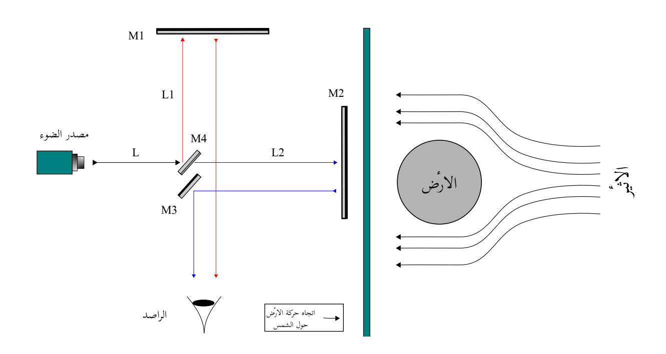
$$V=(10-2)+0=8m/s$$

ماذا تلاحظ؟ لابد أنك لاحظت أن نتيجة الحالتين (أ و ج) متساوية، ونتيجة (ب و د) متساوية، أي أن السرعة النسبية للجسمين لا تتأثر ما دامت السرعة مستقيمة ومنتظمة.
مثال آخر: لنفرض أن لدينا فوتونين يسيران في خط مستقيم ولكن يسيران في اتجاهين متعاكسين مبتعدين عن بعضهما، فكم سرعة الفوتون A بالنسبة للفوتون B :

$$V=3\times10^{8}+3\times10^{8}=6\times10^{8}m/s$$

لكن كلنا يعرف أنه لا توجد سرعة أكبر من سرعة الضوء $3\times10^{8}m/s$ ؟! أي النتيجة السابقة خاطئة فيزيائيا ؟! إننا لا نستطيع استخدام الطريقة البسيطة السابقة لحساب السرعة النسبية للأجسام التي تسير بسرعة تقترب من سرعة الضوء أو تساويها.

21.0.0.3 الأثير



شكل 21.3: الأثير- مايكلسون ومورلي

اعتقد علماء القرن التاسع عشر بوجود مادة شفافة في الفضاء ينتقل من خلالها الضوء، حيث لم يتصوروا أن الضوء يمكن أن ينتقل في الفراغ، وكان العالم هيجنز أشهر من افترض وجود الأثير. ولأن أحدا لم يثبت وجوده، سعى العالم مايكلسون ومعه مساعدة مورلي لإثبات وجوده بالتجربة الموضحة في الرسم.

افترض مايكلسون أن الأرض أثناء دورانها حول الشمس تصطدم بمادة الأثير التي تشكل الفضاء، وبما أن الأرض تسير حول الشمس بسرعة $2.978\times10^4 m/s$ فإن سرعة اصطدام الأثير بالأرض سيكون بنفس السرعة ولكن بالاتجاه المعاكس. فوضع مصدر ضوئي يصدر شعاع ضوئي L باتجاه حركة الأرض ومعاكس لحركة الأثير، ويسقط على مرآة $M4$ نصف شفافة (تعكس 50% وتنفذ 50%)، الشعاع المنعكس $L1$ يصطدم بالمرآة $M1$ وينعكس باتجاه الراصد، أما الشعاع $L2$ فيصطدم بالمرآة $M2$ ثم ينعكس إلى المرآة $M3$ التي ينعكس عليها ثم يتجه للراصد.

توقع مايكلسون أن الشعاع $L2$ سيصل متأخرا عن $L1$ لأن $L2$ يسير في اتجاه معاكس للأثير، وبالتالي سيقوم الأثير بإبطاء سرعته. لكن المفاجأة كانت بوصول الشعاعين في نفس الوقت. ولشدة إيمان مايكلسون بوجود الأثير فقد افترض أن تجربته غير دقيقة وبها خطأ ما. لكن لحسن حظه أن عدد من العلماء أعادوا التجربة وتوصلوا إلى أن التجربة صحيحة، وأن مايكلسون إنما أثبت بتجربته أن الأثير غير موجود وأن سرعة الضوء لا تعتمد على حركة المصدر أو المستقبل، في حين أن هدف التجربة الأساسي هو إثبات وجود الأثير!.

$$\begin{cases} X' &= x-vt \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= t \end{cases}$$

شكل 21.4: معادلات التحويل لجاليلو للأبعاد الأربعة.

21.0.0.4 معادلات لورنتز

قام لورنتز بدراسة الحركة في الأبعاد الأربعة x,y,z,t حيث t الزمن، والتغيير الذي سيحصل في معادلات الحركة لجاليلو، فتوصل إلى استنتاجات مهمة، سنأخذ جزء بسيط منها يتناسب مع هدف هذا الكتاب. لقد توصل لورنتز إلى أننا نحتاج لإضافة معامل تصحيح لتعديل معادلات جاليلو:

$$\begin{cases} X' &= \frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \end{cases}$$

شكل 21.5: معادلات التحويل لجاليلو بعد تطبيق تصحيح لورنتز.

$$\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

كما توصل لمعادلة جمع السرعات:

$$U_x=\frac{U_x'\pm v}{1+\frac{v}{C^2}U_x'}$$

حيث U_x السرعة النسبية الناتجة، v سرعة الجسم الأول، U_x' سرعة الجسم الثاني.

مثال 21.0.130 السؤال

مركبة فضائية تسير بسرعة $0.4Cm/s$ ، أطلقت قذيفة بسرعة $0.2Cm/s$ باتجاه الأمام، كم ستكون سرعة القذيفة بالنسبة لمراقب ساكن ؟

الحل

تعيين المعطيات: $U_x'=0.2Cm/s$ ، $v=0.4Cm/s$

التطبيق:

$$U_x=\frac{U_x'+v}{1+\frac{v}{C^2}U_x'}$$

$$=\frac{0.2C+0.4C}{1+\frac{0.4C}{C^2}\times0.2C}$$

$$=\frac{0.6C}{1+0.08}=\frac{0.6C}{1.08}$$

$$=0.555Cm/s$$

النتيجة: سرعة القذيفة بالنسبة للمراقب الساكن تساوي $0.555C$ متر/ثانية.

مثال 21.0.131 السؤال

دبابة تسير بسرعة $20m/s$ ، أطلقت قذيفة بسرعة $50m/s$ باتجاه الأمام، كم ستكون سرعة القذيفة بالنسبة لمراقب ساكن ؟

الحل

تعيين المعطيات: $U_x'=50m/s$ ، $v=20m/s$

التطبيق:

$$U_x=\frac{U_x'+v}{1+\frac{v}{C^2}U_x'}$$

$$=\frac{50+20}{1+\frac{20}{C^2}\times 50}$$

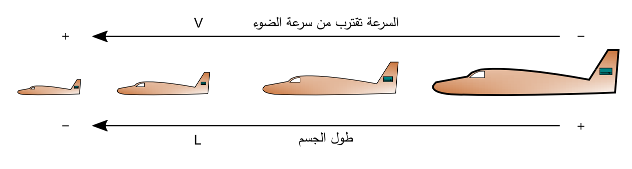
$$=\frac{70}{1+1.1\times10^{-14}}=\frac{70}{1}$$

$$=70m/s$$

النتيجة: سرعة القذيفة بالنسبة للمراقب الساكن تساوي 70 متر/ثانية. لاحظ أن تحويل لورنتز أعطى قيمة صغيرة جدا جدا 1.1×10^{-14} ولهذا تجاهلناه، ويتم تجاهله دائما عند السرعات الأصغر كثيرا من سرعة الضوء $v<<C$.

الطول في النسبية يقل الطول أو ينكمش الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة. ويسمى بتقلص فتزجيرالد - لورنتز لأنهما من اكتشفاه لكن كل على حده.

شكل 21.6: الطول النسبي يتقلص بزيادة السرعة.

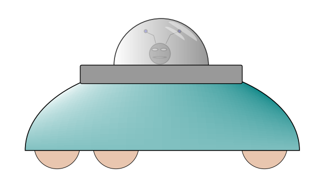


شكل 21.7: الطول في النسبية

$$L = L_o.\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \tag{21.2}$$

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$ (معامل لورنتز)

حيث L الطول المشاهد، L_0 الطول الحقيقي، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.



شكل 21.8: اليوفو هي خيالات ناتجة عن ظواهر جوية، وأحيانا مركبات وأسلحة تجريبية سرية أو طائرة تعمل على تأثير كوندا coanda .

مثال 21.0.132 السؤال

مركبة فضائية طولها في حالة السكون $L_0=5m$ وكتلتها $m_0=1000kg$، احسب طولها عندما تسير بسرعة $v=2.5\times10^8m/s$؟



الحل

تعيين المعطيات: $L_0=5m$ ، $m_0=1000Kg$ ، $V=2.5\times10^8m/s$

التطبيق:

$$L=L_o.\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$=5\times\sqrt{1-\frac{(2.5\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}$$

$$=2.7639m$$

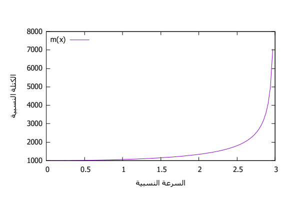
النتيجة: طول المركبة الفضائية بالنسبة للراصد 2.76 متر.

الزمن في النسبية يتباطأ الزمن أو يتمدد بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{21.3}$$

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$ (معامل لورنتز)

حيث $\Delta t'$ التغير في الزمن النسبي،Δt التغير في الزمن عند السكون، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.



شكل 21.9: الكتلة النسبية تزداد بزيادة السرعة.

الكتلة في النسبية تزداد كتلة الجسم بناء على النظرية النسبية كلما زادت سرعته بالنسبة لراصد يتحرك حركة خطية منتظمة في اتجاه موازي لاتجاه الحركة.

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \tag{21.4}$$

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$ (معامل لورنتز)

حيث $\Delta t'$ التغير في الزمن النسبي،Δt التغير في الزمن عند السكون، v سرعة الجسم، c سرعة الضوء.

ومن الرسم البياني في الهامش، نلاحظ أن الكتلة تزداد بشكل فجائي عند وصولها إلى $0.9Cm/s$ تقريبا، وهو ما يجعل زيادة السرعة أكثر من ذلك صعبة ومكلفة، حيث أن الزيادة المفاجئة في الكتلة تتطلب زيادة مقابلة لها في الشغل المبذول لإحداث التسارع، وهو ما يفسر ارتفاع تكلفة تشغيل مسرعات الجسيمات.

مثال 21.0.133 السؤال

من المثال السابق احسب كتلة المركبة عند نفس السرعة؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_0{=}5m$ ، $m_0{=}1000Kg$ ، $V{=}2.5{\times}10^8 m/s$

التطبيق:

$$m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

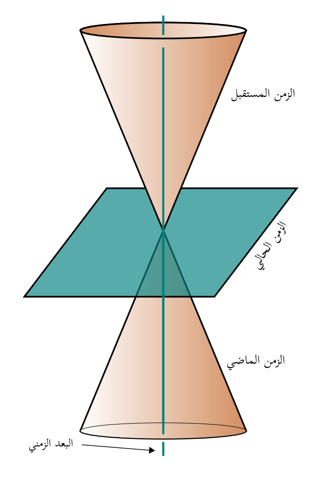
$$=\frac{1000}{\sqrt{1-\frac{(2.5\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}}$$

$$=1809.0681kg$$

النتيجة: كتلة المركبة عند هذه السرعة 1809.06 كيلوجرام.

الأبعاد الأربعة

كما نعلم أن النظرية النسبية ترتكز على نسبية الزمن، أي أن الزمن غير مطلق، ولهذا عند التمثيل البياني للظواهر النسبية نحتاج إلى أربعة أبعاد x,y,z,t ، وكلمة Dimension تترجم إلى العربية إما إلى »المحور« أو »البعد« ، فنقول محور أو بعد، محورين أو بعدين، ثلاث محاور أو ثلاثة أبعاد، وأربعة أبعاد لكن يصعب أن نقول أربعة محاور، لأن المحاور هي خطوط متجهة بينها زوايا قائمة. ولهذا فإن العلماء واجهوا مشكلة تمثيل البيانات على أربعة محاور، بحذف المحور z واستبداله بالزمن t كما في الشكل الجانبي. لكن البعض فضل الاحتفاظ بالأبعاد الثلاثة x,y,z وجعل البعد الرابع لوني، أي يشير تدرج اللون إلى التغير في قيمة البعد الرابع.



شكل 21.10: يمثل البعد الرابع بحذف البعد z واستبداله بالبعد t .

21.0.0.5 النظرية النسبية الخاصة

وضعت النظرية النسبية على يد العالم الألماني - الأمريكي أينشتاين[3] عام 1905 م، وسميت بالخاصة لأنها خاصة بالأجسام التي تسير بسرعة منتظمة (ثابتة بدون تسارع $a=0$) وقريبة من سرعة الضوء وفي خط مستقيم.

وهي مبنية على فرضيتين:

1) سرعة الضوء في الفراغ لها نفس القيمة في جميع المجموعات الإحداثية المتحركة بالنسبة لبعضها بسرعة منتظمة، ولا توجد سرعة أكبر منها.

2) القوانين الطبيعية واحدة في جميع المجموعات الإحداثية المتحركة بسرعة منتظمة بالنسبة لبعضها.[20]

تكافؤ الكتلة والطاقة توصل العالم ليبديف في عام 1894م إلى أن الموجات الكهرومغناطيسية تملك كمية حركة خطية في اتجاه انتشارها، وتساوي E/c ، وجاء اينشتاين من بعده وبنى على ذلك قانونه الشهير الذي يربط بين الطاقة والكتلة، الذي استنتجه من تجربة الصندوق التخيلي المشهورة.

إثبات قانون اينشتاين

من قانون الزخم $p=mv \Rightarrow p=mc$

ومن قانون الحركة $v=\frac{x}{t} \Rightarrow c=\frac{x}{t}$

وباعتبار وحدة أصغر من x وهي dx

$$\frac{\partial x}{\partial t}=c$$

$$\frac{\partial x}{\partial \psi}\cdot\frac{\partial \psi}{\partial t}=c$$

وبما أن مؤثر الزخم $p=-i\hbar\frac{\partial}{\partial x}$ و مؤثر الطاقة $E=i\hbar\frac{\partial}{\partial t}$ نستنتج:

$$\frac{i\hbar E}{i\hbar p}=c \Rightarrow E=pc$$

$$E=(mc)\times c$$

ومنه نستنتج قانون اينشتاين $E=mc^2$

$$E_0 = mc^2 \tag{21.5}$$

حيث E_0 الطاقة، m كتلة الجسم، c سرعة الضوء.

[3] فيزيائي أمريكي حاصل على جائزة نوبل عن الظاهرة الكهروضوئية ت 1955م.

مثال 21.0.134 السؤال

بذلنا شغل مقداره $100J$ لضغط نابض، احسب الزيادة الحاصلة في كتلة النابض؟

الحل

تعيين المعطيات: $E=100J$

التطبيق:

$E=mc^2$

$\Delta m=\frac{E}{C^2}$

$=\frac{100}{(3\times10^8)^2}=1.11\times10^{-15}Kg$

النتيجة: الزيادة في كتلة النابض أثناء انضغاطه تساوي 1.11×10^{-15} كيلو جرام، ونلاحظ أن الزيادة صغيرة جدا ولهذا يتم تجاهلها عادة.

الطاقة الحركية في النسبية

الطاقة الحركية W للجسم المتحرك بسرعة قريبة من سرعة الضوء تساوي الطاقة الكلية للجسم في حالة الحركة E مطروحاً منها الطاقة السكونية E_0 .

$$E=W+E_0$$

$$W=\frac{m_0C^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-m_0C^2 \qquad (21.6)$$

مثال 21.0.135 السؤال

احسب الطاقة الحركية لإلكترون سرعته $0.7Cm/s$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=0.7C=2.1\times10^8m/s$ ، $m_0=9.11\times10^{-31}Kg$

التطبيق:

$W=\frac{m_0C^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-m_0C^2$

$W=\frac{9.11\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2}{\sqrt{1-\frac{(2.1\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}}$

$-9.11\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2$

$=\frac{3.28\times10^{-14}J}{1.6\times10^{-19}}=0.205MeV$

النتيجة: الطاقة الحركية للإلكترون تساوي 0.205 ميغا إلكترون فولت.

21.0.0.6 النظرية النسبية العامة

بعد أن وضع أينشتاين النظرية النسبية الخاصة، أخذ يفكر في إمكانية تعميم نسبيته الخاصة، فتوصل في عام 1916م لنظريته النسبية العامة.

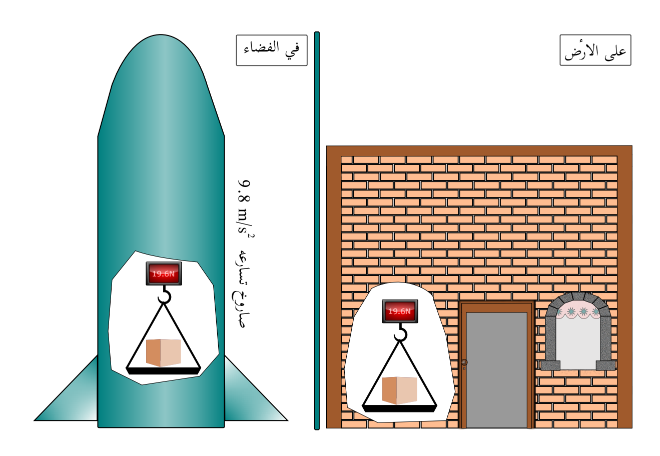
وهي مبنية على مبدأين:

1) مبدأ التكافؤ: وينص على عمومية السقوط الحر أي أن جميع الأجسام تسقط بنفس المعدل في مجال الجاذبية بغض النظر عن كتلتها وتركيبتها المادية.

2) مبدأ التوافق: أن القوانين الفيزيائية يجب أن تتوافق، أي أنها لا تتغير أو تتعارض مع تغير نوع الإحداثيات الزمانية والمكانية المستخدمة، ويتحقق ذلك باستخدام الممددات.[20]

تحتوي النظرية النسبية العامة على الكثير من المفاهيم المعقدة فلسفيا ورياضيا ولهذا سيتم الاقتصار على بعض المفاهيم السهلة والقصيرة التي تناسب هذا الكتاب.

عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجاذبية



شكل 21.11: عدم تمييز قوى القصور الذاتي عن قوى الجذب

يرى أينشتاين أنه لا يمكن تمييز قوى الجاذبية من قوى القصور الذاتي، فمثلا إذا كان لدينا جسما كتلته $2Kg$ ووزناه على سطح الأرض فسيكون وزنه $19.6N$ وذلك بفعل تسارع الجاذبية الأرضية $9.8m/s^2$ ، ولو أخذنا نفس الجسم إلى الفضاء حيث لا توجد جاذبية ووزنا نفس الجسم عندما يكون الصاروخ متحركا بتسارع $9.8m/s^2$ فإننا سنجد أن وزنه $19.6N$ ولكن بتأثير قوة القصور الذاتي.

حيود الضوء بتأثير قوة الجاذبية

أثبت أينشتاين أن الضوء له طبيعة جسيمية فهو يتأثر بقوة الجاذبية وينحني مساره عند تعرضه لقوى الجاذبية الشمسية أو الأرضية أو النجوم، ووضع قانونا لحساب زاوية الحيود أو الانحراف.

$$\theta = tan^{-1}(\frac{2GM_s}{R_sC^2}) \quad (21.7)$$

حيث G ثابت الجذب، M_s كتلة الشمس، R_s نصف قطر الشمس، C سرعة الضوء

مثال 21.0.136 السؤال

احسب زاوية حيود الضوء نتيجة مروره بجوار الشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G{=}6.674{\times}10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M_s{=}1.989{\times}10^{30}Kg$ ، $R_s{=}6.95{\times}10^8m$

التطبيق:

$$\theta{\approx}tan\theta{=}\frac{2GM_s}{R_sC^2}$$

$$\theta{\approx}tan\theta{=}\frac{2{\times}6.674{\times}10^{-11}{\times}1.989{\times}10^{30}}{6.96{\times}10^8{\times}(3{\times}10^8)^2}$$

$$={4.2383}{\times}10^{-6}Deg{\times}360{=}0.0015$$

النتيجة: زاوية انحراف الضوء تساوي تقريبا 1.5 ثانية قوسية.

وقد تم إثباتها عمليا بحساب انحراف الضوء حول الشمس أثناء كسوف الشمس عام 1919م.

الثقوب السوداء

توقع علماء النسبية وجود الثقوب السوداء، ثم ثبت وجودها لاحقا، والثقوب السوداء هي نجوم استنفدت الطاقة النووية بها، فبردت، ولأنها مكونة من الهيليوم فقد انكمشت بسهوله تحت تأثير جاذبية مركزها، وباستمرار الجذب تنسحق الذرات وتتفكك إلى بروتونات ونيوترونات وإلكترونات، ثم تندمج البروتونات مع الإلكترونات وتتحول جميعها إلى نيوترونات، ويسمى النجم النيوتروني. ويصبح النجم ثقب أسود إذا انكمش وأصبح نصف قطره مساوي للنصف قطر الحرج الذي يحسب بقانون نصف قطر شوارزشايلد[4]:

[4] إذا كانت كتلته 1.4 كتلة الشمس أو أقل، يتحول لقزم أبيض.

$$gravitational\ radius = \frac{2GM}{C^2} \quad (21.8)$$

مثال 21.0.137 السؤال

احسب نصف قطر شوارزشايلد للشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G{=}6.674{\times}10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M{=}1.989{\times}10^{30}Kg$

التطبيق:

$gravitational\ radius{=}\frac{2GM}{C^2}$

$={\frac{2{\times}6.674{\times}10^{-11}{\times}1.989{\times}10^{30}}{(3{\times}10^8)}}$

$=2949.9m$

النتيجة: نصف القطر الحرج للشمس لكي تصبح ثقب أبيض يساوي 2949.9 متر.

الانزياح اللوني للضوء

يرى اينشتاين في النظرية النسبية العامة أن الضوء يميل للانزياح نحو اللون الأحمر، أي أن تردده ينقص وطوله الموجي يزداد كلما كانت كتلة النجم أو الثقب الأسود أكبر، وذلك وفق المعادلة التالية:

$$\nu' = \nu(1 - \frac{GM}{RC^2}) \quad (21.9)$$

حيث ν التردد الأصلي، G ثابت الجذب، M كتلة النجم، R نصف قطره

مثال 21.0.138 السؤال

احسب تردد الضوء الناتج عن الانزياح اللوني لشعاع أزرق يخرج من الشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G{=}6.674{\times}10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M{=}1.989{\times}10^{30}Kg$ ، $R{=}6.963{\times}10^8m$ ، $\nu{=}7.058{\times}10^{14}Hz$

التطبيق:

$\nu'{=}\nu(1{-}\frac{GM}{RC^2})$

$= 7.058{\times}10^{14}{\times}(1{-}\frac{6.674{\times}10^{-11}{\times}1.989{\times}10^{30}}{6.963{\times}10^8{\times}(3{\times}10^8)^2})$

$=7.057{\times}10^{14}$

النتيجة: تردد الضوء بعد الانزياح اللوني بتأثير الشمس يساوي $7.057{\times}10^{14}Hz$.

تمدد الزمن بتأثير قوة الجاذبية

مر علينا سابقا أن الزمن يتمدد أو يتباطأ بتأثير السرعات القريبة من سرعة الضوء، وقد وجد أينشتاين في نظريته النسبية العامة أن الزمن يتباطأ أيضا بتأثير قوة الجاذبية، فالزمن على سطح المشتري أبطأ منه على سطح الأرض، والزمن على الشمس أبطأ منه على المشتري، والزمن شبه متوقف في الثقوب السوداء ذات الكتل العملاقة. وقد قام أينشتاين بحساب تباطؤ الزمن على الشمس ، فوجد أن السنة على سطح الشمس أطول من السنة الأرضية بدقيقة كاملة، وقد لا يكون هذا الفرق مؤثرا للإنسان العادي، لكن حين نحسب الفرق في الزمن بين السنة الأرضية والسنة على سطح نجم عملاق، فإننا سنفاجأ بأن الفرق يساوي شهور وسنوات.

$$t' = t(1 - \frac{GM}{RC^2}) \quad (21.10)$$

حيث t الزمن، G ثابت الجذب، M كتلة النجم، R نصف قطره

مثال 21.0.139 السؤال

احسب تمدد سنة واحدة على سطح الشمس بتأثير قوة جاذبيتها ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$

، $R=6.963\times10^8m$ ، $M=1.989\times10^{30}Kg$ ،

$t=1y=31557600s$

التطبيق:

$$t'=t(1-\frac{GM}{RC^2})$$

$$=31557600\times(1-\frac{6.674\times10^{-11}\times1.989\times10^{30}}{6.963\times10^8\times(3\times10^8)^2})$$

$$=31557533.15s$$

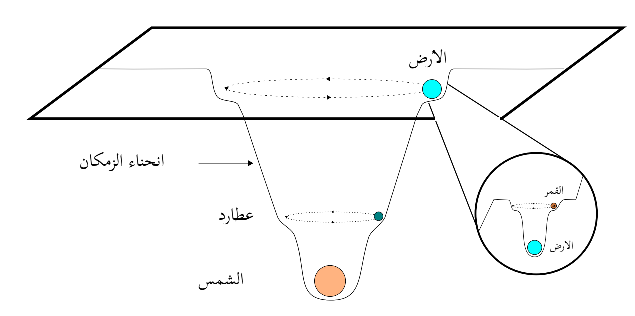
النتيجة: السنة بعد تمددها تصبح $31557533.15s$

أي زادت بمقدار $66.8s$ ويساوي دقيقة أرضية تقريبا.

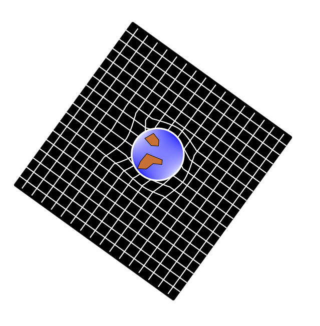
تصور اينشتاين للكون

لتبسيط تصور أينشتاين للكون لنتخيل فقاعة صابون أو بالون، ولنرسم نقطتين متجاورتين على سطح البالون، ثم نبدأ بالنفخ، سنلاحظ أنه كلما تمدد البالون أكثر زادت المسافات بين أي نقاط مرسومة على سطحه، أينشتاين يرى أن الكون شكل كروي مجوف وكل المجرات متوضعة على سطحه الخارجي، لكن هذا الكون لا يحتوي على أي شيء داخله أو خارجه، وكل شيء متوضع على غلافه. في البداية كان أينشتاين يرى أن حجم الكون ثابت، لكن بعد أن جاء الفلكي هابل وأثبت أن الكون يتوسع ويتمدد اضطر أينشتاين لتعديل تصوره، فقام بإضافة ثابت تمدد الكون، أي أن الكون يتمدد بمعدل معين حدده أينشتاين، لكن بعد وفاة أينشتاين وجد العلماء أن هذا الثابت غير دقيق.

انحناء الكون



شكل 21.12: انحناء الزمكان بتأثير كتلة الشمس

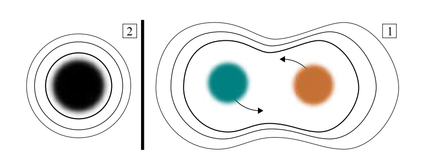


شكل 21.13: انحناء الزمكان

ويرى أينشتاين في نظريته النسبية العامة أن حركة الكواكب في مدارات دائرية مثل كواكب المجموعة الشمسية ناتجة عن انحناء الزمكان[5]، فالأرض مثلا تتحرك في مدار حول الشمس لأنها واقعة في حفرة الزمكان التي سببتها كتلة الشمس الكبيرة، وليس بسبب جاذبية الشمس، والقمر يدور حول الأرض لأنه واقع في حفرة الزمكان التي تسببها كتلة الأرض.

موجات الجاذبية

حين يقترب نجم كبير من نجم آخر فإنهما يبدآن بالاقتراب الدوراني من بعضهما، ويستمران بالدوران حول بعضهما والاقتراب إلى أن يندمجا معا، وتوقع أينشتاين صدور موجات سماها موجات الجاذبية تنتج عن دورانهما العنيف حول بعضهما قبل الاندماج، ولم يتم رصد الموجات إلا في عام 2015م ، وحصل الفريق الذي رصدها على جائزة نوبل.



شكل 21.14: موجات الجاذبية

[5] نحت من مصطلح الزمان - المكان وهو ترجمة time - space .

21.1 التدريبات

1-مركبة فضائية طولها في حالة السكون $L_0=35m$ وكتلتها $m_0=5000kg$، احسب طولها ثم كتلتها عندما تسير بسرعة $v=2.7\times10^8 m/s$؟

الحل

تعيين المعطيات: $L_0=35m$ ، $m_0=5000Kg$ ، $v=2.7\times10^8 m/s$

التطبيق:

$$L=L_o.\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$=35\times\sqrt{1-\frac{(2.7\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}$$

$$=15.2561m$$

$$m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m=\frac{5000}{\sqrt{1-\frac{(2.7\times10^8)^2}{(3\times10^8)^2}}}$$

$$=11470.7867Kg$$

2- احسب طاقة الكتلة الساكنة للإلكترون، حيث كتلة الإلكترون $m_0=9.1\times10^{-31}kg$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m_0=9.1\times10^{-31}kg$

التطبيق:

$$E=mc^2$$

$$=9.1\times10^{-31}\times(3\times10^8)^2$$

$$=8.19\times10^{-14}J$$

3- ما هي وحدة الكتلة النسبية ؟

ا) kg ✓   ج) m

ب) N/m د) N

4- سرعة الضوء في الفراغ، بمرور الوقت ؟

ا) تزيد   ج) تبقى ثابته ✓

ب) تقل   د) احيانا تقل واحيانا تزيد

5- عند السرعات الأصغر كثرا من سرعة الضوء $v<<C$ نتجاهل قيمة تحويل لورنتز لصغره الشديد ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

6- تم التوصل إلى عدم وجود الأثير الذي ينتقل فيه الضوء نتيجة لتجربة مايكلسون - مور ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

7- سرعة الضوء لا تتأثر بكون المراقب ساكن أم متحرك ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

8- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى تمدد الزمن ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

9- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة الكتلة ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

10- في معادلات لورنتز، زيادة السرعة تؤدي إلى زيادة الطول ؟

ا) صح   ب) خطأ ✓

11- وفق تصور أينشتاين للكون، ما الذي يوجد في وسط الكون ؟

ا) نجوم   ج) كواكب

ب) لا شيء ✓   د) مجرات

12- وفق النسبية العامة، الزمن على سطح المشتري أبطأ من الزمن على سطح الأرض ؟

ا) صح ✓   ب) خطأ

13- احسب نصف قطر شوارزشايلد للأرض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=5.972\times10^{24}Kg$

التطبيق:

$$gravitational\ radius=\frac{2GM}{C^2}$$

$$=\frac{2\times6.674\times10^{-11}\times5.972\times10^{24}}{(3\times10^8)}$$

$$=0.0088m=8.8mm$$

14- احسب تمدد سنة واحدة على سطح ثقب أسود كتلته عشرة أضعاف كتلة الشمس ؟

الحل

تعيين المعطيات: $G=6.674\times10^{-11}m^3/Kg.s^2$ ، $M=1.989\times10^{30}Kg$ ، $R=6.963\times10^8m$ ، $t=1y=31557600s$

التطبيق:

$$t'=t(1-\frac{GM}{RC^2})$$

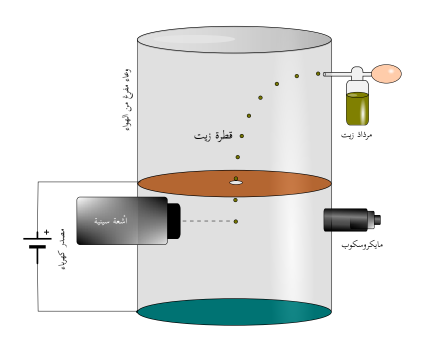
$$=31557600\times(1-\frac{6.674\times10^{-11}\times19.89\times10^{30}}{6.963\times10^8\times(3\times10^8)^2})$$

$$=31556931.52s$$

السنة بعد تمددها تصبح $31556931.52s$ أي زادت بمقدار $668.47s$ ويساوي 11 دقيقة تقريبا.

22

الفيزياء الذرية



- الذرة ومكوناتها
- الليزر
- الأشعة السينية



مقدمة

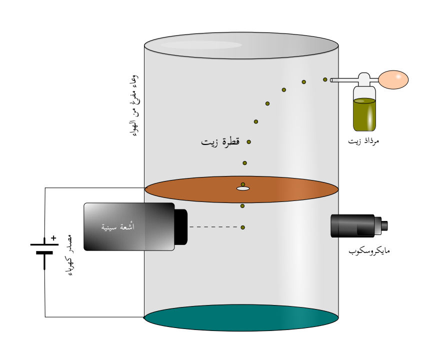
22.1 الإلكترون

الإلكترون e^- أو β^- هو جسيم تحت ذري ذو شحنة سالبة .

شكل 22.1: أنبوب كروكس[6]

شحنة الإلكترون

تم اكتشاف الإلكترون عبر سلسلة من الاكتشافات المتتالية، فقد أجرى كروكس تجربة أنبوب الكاثود المفرغ، وتعرف على أثر الإلكترون عند اصطدامه بالأنبوب، لكنه لم يعرف أن هذا الضوء ناتج عن جسيم.

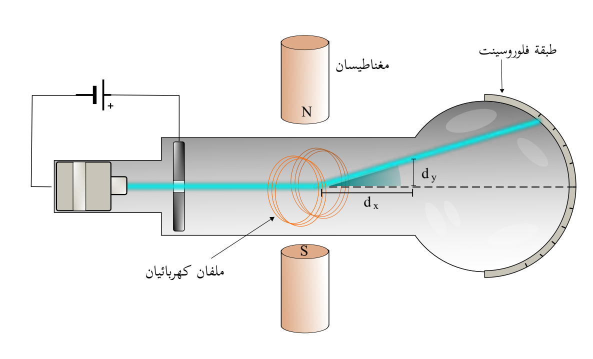


شكل 22.2: تجربة قطرة الزيت لمليكان

واستمر بحث العلماء عن ماهية هذا الضوء، إلى أن اكتشف مليكان مقدار شحنة الإلكترون باستخدام التجربة الموضحة في الرسم، حيث قام بإطلاق رذاذ الزيت في داخل وعاء مفرغ من الهواء، ووضع في وسط الوعاء حاجز موجب وبه ثقب صغير يسمح بنفاذ قطرة الزيت وهي تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية $F=mg$، وبمجرد نفاذ قطرة الزيت من الثقب تتعرض للأشعة السينية $x-ray$ والتي تشحنها بشحنة سالبة، عندها تصبح القطرة تحت تأثير قوة المجال الكهربائي الموجب $F=Eq$ ، وبالمساواة $Eq=mg \Rightarrow q=\frac{mg}{E}=-1.6\times10^{-19}C$.

كتلة الإلكترون

اكتشف فريق من العلماء برئاسة تومسون كتلة الإلكترون باستخدام تجربة عرفت باسم تجربة تومسون.



شكل 22.3: تجربة تومسون

بالمساواة بين العلاقتين $F=Eq$ و $F_B=Bqv$، استنتج أن $E\not{q}=Bv\not{q}$ ومنه $v=\frac{E}{B}$ ، وبالتعويض بها في معادلة المسافة $d_x=vt=\frac{Et}{B}$ ، ومنها الزمن يساوي $t=\frac{d_x B}{E}$.

وبالتعويض من $F=Eq$ في قانون نيوتن الثاني $a=\frac{F}{m}=\frac{Eq}{m}$ ، ومنه في معادلة الحركة الخطية:

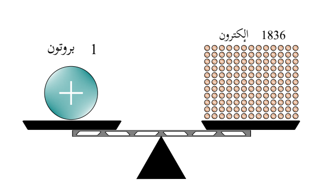
$d_y=vt+\frac{1}{2}at^2=0+\frac{1}{2}\times\frac{Eq}{m}\times t^2$ وبالتعويض عن الزمن في هذه المعادلة:

$d_y=\frac{Eq}{2m}\times(\frac{d_x B}{E})^2 \Leftarrow \frac{q}{m}=\frac{2d_y E^{\not{2}}}{d_x^2 B^2 \not{E}}=\frac{2Ed_y}{d_x^2 B^2}$ ، وبالتعويض فيه حصل على نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته، فوجد أنها تساوي $1.7588196\times10^{11}C/Kg$.

وبالتعويض عن شحنة الإلكترون التي حسبها مليكان نحصل على كتلة الإلكترون $m=\frac{-1.6\times10^{-19}}{1.758\times10^{11}}=9.1\times10^{-31}Kg$

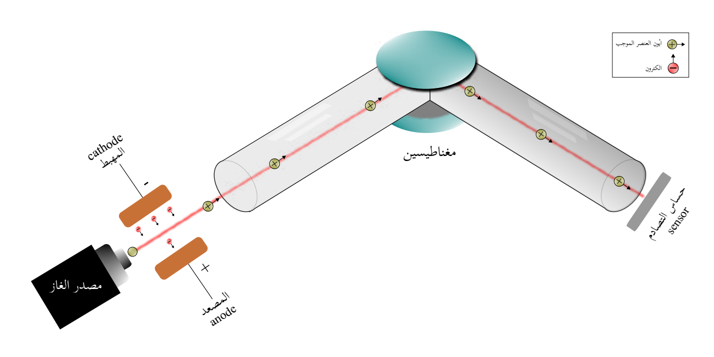
وقد استخدم تومسون نفس الطريقة لإيجاد كتلة البروتون مع تغيير الأقطاب، بحيث جعل المصعد مكان المهبط والمهبط مكان المصعد، مع إضافة غاز الهيدروجين.

ثم قام بحساب كتل مجموعة من أنوية الغازات، وقد تم تطوير جهاز تومسون وتسميته باسم مطياف الكتلة *spectrometry* وسيتم شرحه في الصفحة التالية، وهو يختلف عن المطياف *spectroscopy* الذي سيمر علينا في موضوع نموذج بور.



شكل 22.4: نسبة كتلة الإلكترون إلى كتلة البروتون.

مطياف الكتلة



شكل 22.5: مطياف الكتلة

فكرة عمل الجهاز يتم ضخ الغاز المطلوب إلى قناة يتقاطع معها مسار إلكترونات قادمة من كاثود، وعند اصطدام الإلكترونات بذرات الغاز العابرة تتأين، وتصبح موجبه، أما إلكتروناتها فتذهب للأنود، وتمرر أيونات الغاز من خلال فتحة ضيقة تجبرها على السير في خط مستقيم رفيع، وبعد أن تصل الأيونات إلى المغناطيس يحدث لها انحراف حسب كتلتها، فكلما كانت كتلة الأيون عالية كان انحرافه أقل، وكلما كانت كتلته صغيرة كان انحرافه أكبر، وعند وصول الأيون للحساس يتعرف على درجة انحرافه وكثافة نظائره.

قانون حساب نسبة الشحنة إلى الكتلة $\frac{q}{m}$ في مطياف الكتلة

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2r^2} \tag{22.1}$$

حيث Vفرق الجهد، B شدة المجال المغناطيسي، r نصف قطر انحراف الجسيم.

مثال 22.1.140 السؤال

احسب فرق الجهد في مطياف الكتلة حسب المعطيات التالية

الحل

تعيين المعطيات: $m_p=1.67\times10^{-27}kg$ ، $q=1.6\times10^{-19}C$ ، $B=4.1\times10^{-2}T$ ، $r=2.8\times10^{-2}m$

التطبيق:

$$\frac{q}{m}=\frac{2V}{B^2r^2}$$

$$\frac{1.6\times10^{-19}}{1.67\times10^{-27}}=\frac{2\times V}{(2.8\times10^{-2})^2\times(4.1\times10^{-2})^2}$$

$$=126.26V$$

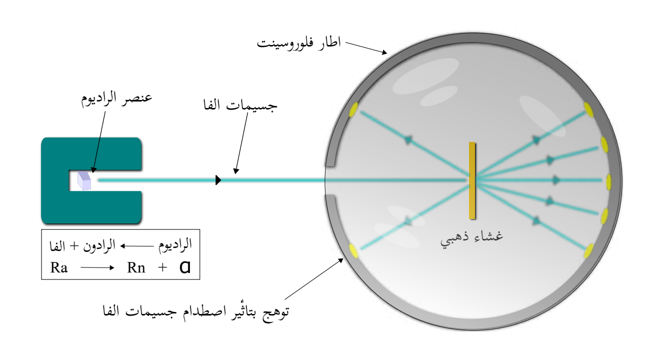
النتيجة: فرق الجهد الكهربائي المستخدم 126.26 فولت.

22.2 الذرة

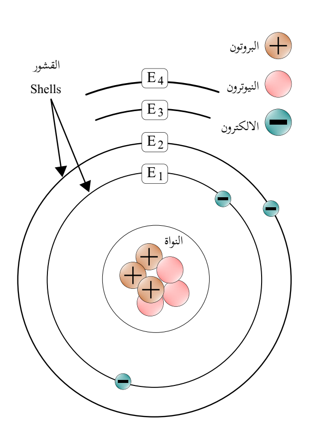
الذرة هي وحدة تركيب العناصر والمركبات، لكنها ليست أصغر جسيم مادي، فهناك الإلكترون الحر والبوزترون ومضاد المادة والكثير من أنواع الجسيمات الأخرى.

تتكون الذرة من نواة وإلكترونات، والنواة تتكون من نيوترونات وبروتونات، وأول من اكتشف النواة وأثبت وجودها هو الفيزيائي رذرفورد بتجربته المشهورة.

22.2.1 اكتشاف النواة



شكل 22.6: تجربة رذرفورد



شكل 22.7: نموذج ذرة بور

قام رذرفورد بصنع طوق مطلي من داخله بمادة فلوروسنتية، وجعل في الطوق فتحة جانبية، وفي وسط الطوق شريحة رقيقة من الذهب (لأنه عالي الكثافة)، ووضع مقابل الفتحة قطعة من الراديوم المشع، فلاحظ أن هناك عدد كبير من نقاط التوهج تظهر على الطبقة الفلوروسنتية (كبريتات الزنك)، وغالبيتها تظهر في الجزء أمام شريحة الذهب، والقليل جدا يظهر خلفها، فاستنتج أن غالبية حجم الذرة فراغ لأن جسيمات ألفا الصادرة عن المادة المشعة استطاعت النفاذ من خلال شريحة الذهب رغم أنها عالية الكثافة، وأن نقاط التوهج التي ظهرت على الطبقة الفلوروسنتية خلف شريحة الذهب كانت بسبب اصطدامها بأنوية الذهب. وكان لتجربته هذه أثر بالغ في إعطاء تصور واضح لشكل الذرات وبنيتها الداخلية.

22.2.2 نموذج ذرة بور

وضع بور تصورا لذرة الهيدروجين مبني على عدد من النقاط:

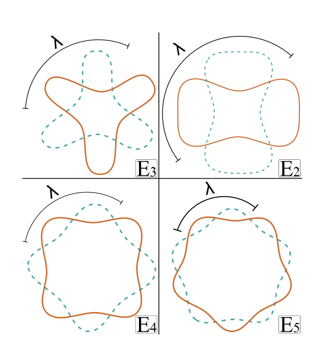
1) أن الذرة تحتوي على نواة مركزية موجبة الشحنة.

2) أن الإلكترونات السالبة توجد في أغلفة قشرية كروية تحيط بالنواة، ولكل قشرة مستوى طاقة خاص بها، ولا يشّع الإلكترون طالما لم ينتقل من قشرته (مداره).

3) أن الذرة متعادلة الشحنة، أي شحنة النواة الموجبة تساوي شحنة الإلكترونات السالبة.

ثم أضيف لها بعض الافتراضات:

- أن الإلكترون إذا انتقل من مستوى أعلى E_2 إلى مستوى أقل E_1 فإنه يفقد جزء من طاقته على شكل فوتون (إشعاع)، طاقته تساوي الفرق بين طاقة المستويين $E=E_2-E_1=h\nu$.
- أننا نستطيع تطبيق قوانين الميكانيكا لنيوتن والقوى الكهربائية لكولوم، على مجال الذرة.
- أن حساب نصف قطر المدار ممكن باعتبار الطول الموجي للموجة (الموقوفة) المصاحبة $n\lambda=2\pi r$ ، حيث $n=1,2,3,..$ ، وهو فرضية دي برولي.



انبعاث الضوء في ذرة بور

عند إثارة إلكترون الهيدروجين يصعد من المستوى $n=1$ إلى أحد المستويات الأعلى، حسب طاقة الإثارة التي اكتسبها، ويستقر به لمدة $10^{-8}s$ ، ثم ينزل إلى أحد المستويات الأدنى. إن مستويات الطاقة المحيطة بالنواة غير متساوية في الطاقة، ولهذا تختلف طاقة الفوتون المنبعث باختلاف المستوى الذي نزل منه، والمستوى الذي نزل إليه الإلكترون، حيث طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

كيف نحسب طاقة المستوى ؟

يمكن حساب طاقة المدار أو المستوى بالقانون:

$$E_n = -\frac{hcR_\infty Z^2}{n^2} \tag{22.2}$$

حيث h ثابت بلانك، c سرعة الضوء، R_∞ ثابت رايدنبرج، Z العدد الذري، n عدد الكم الرئيسي، k ثابت كولوم، m كتلة الإلكترون، q شحنة الإلكترون.

مثال 22.2.141 السؤال

احسب طاقة المستوى الأول $n=1$ في ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $k=9\times10^{9}$ ، $n=1$ ، $h=6.626\times10^{-34}$ ، $R_\infty=1.097\times10^{7}m^{-1}$

التطبيق:

$$E_n=-\frac{hcR_\infty Z^2}{n^2}$$

$$=\frac{-6.626\times10^{-34}\times3\times10^{8}\times1.097\times10^{7}\times1^{2}}{1^{2}}$$

$$=-2.18\times10^{-18}J=\frac{-2.18\times10^{-18}}{1.6\times10^{-19}}$$

$$=-13.6eV$$

النتيجة: طاقة المستوى الأول في ذرة الهيدروجين تساوي -13.6 إلكترون فولت.

ولذرة الهيدروجين

n	الطاقة
1	$-13.6eV$
2	$-3.39eV$
3	$-1.51eV$
4	$-0.85eV$

جدول 22.1: طاقة مستويات الهيدروجين

$$E_n=\frac{-E_1}{n^2}=\frac{-13.6eV}{n^2} \qquad (22.3)$$

حيث n عدد الكم الرئيسي، $-13.6eV$ تسمى طاقة رايدنبرج.

مثال 22.2.142 السؤال

احسب طاقة إلكترون ذرة الهيدروجين؟



الحل

تعيين المعطيات: $E_1=13.6eV$ ، $n=1$

التطبيق:

$$E_n=\frac{E_1}{n^2}$$

$$=\frac{-13.6}{1^{2}}$$

$$=-13.6eV$$

النتيجة: طاقة إلكترون ذرة الهيدروجين تساوي 13.6 إلكترون فولت.

حساب نصف قطر المدار بالقانون

$$r_n=\frac{h^2n^2}{4\pi^2kmq^2} \qquad (22.4)$$

حيث r نصف قطر المدار، h ثابت بلانك، m الكتلة، q الشحنة، n عدد الكم الرئيسي، k ثابت كولوم

مثال 22.2.143 السؤال

احسب نصف قطر المدار الأول $n=1$ في ذرة الهيدروجين؟

الحل

تعيين المعطيات: $k=9\times10^{9}$ ، $n=1$ ، $h=6.626\times10^{-34}$ ، $m=9.11\times10^{-31}$ ، $q=1.6\times10^{-19}$

التطبيق:

$$r_n=\frac{h^2n^2}{4\pi^2kmq^2}$$

$$=\frac{6.626\times10^{-34}\times1^{1}}{4\times\pi^{2}\times9\times10^{9}\times9.11\times10^{31}\times(1.6\times10^{-19})^{2}}$$

$$=5.3\times10^{-11}m$$

النتيجة: نصف قطر المدار الأول في ذرة الهيدروجين يساوي 5.3×10^{-11} متر.

ويجب ملاحظة أن فرق الطاقة بين مستويات الإلكترونات يجب أن يكون موجب عند الانتقال من مستوى إلى مستوى أعلى، وسالب عند الانتقال إلى مستوى أدني، كما يجب أن تكون القيم مكماة.

مثال 22.2.144 السؤال

احسب الطاقة اللازمة لانتقال إلكترون ذرة الهيدروجين من المستوى 1 إلى المستوي 3؟ ثم احسب التردد والطول الموجي للفوتون الذي سبب هذا الانتقال ؟

الحل

تعيين المعطيات: E_1=13.6eV ، n=1

التطبيق:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} \quad \text{(الطاقة)}$$

$$E_1 = \frac{-13.6}{1^2}$$

$$= -13.6eV$$

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2}$$

$$= -1.51eV$$

$$\Delta E = E_3 - E_1 = -1.51 - (-13.6)$$

$$= 12.08eV$$

$$E = h\nu \quad \text{(التردد)}$$

$$\nu = \frac{12.08 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.626 \times 10^{-34}}$$

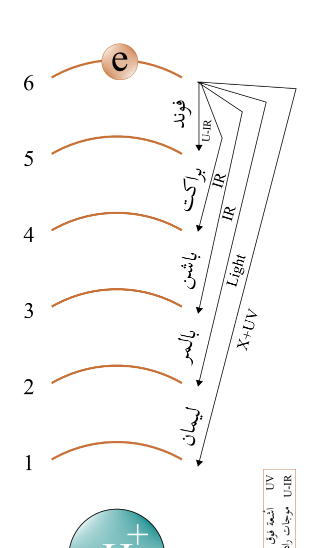
$$= 2.916 \times 10^{15} Hz$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \text{(الطول الموجي)}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{2.916 \times 10^{15}}$$

$$= 1.028 \times 10^{-7} m$$

النتيجة: الطاقة اللازمة لانتقال الإلكترون $12.08eV$ والتردد 2.916×10^{15} هيرتز، والطول الموجي $1.028\times10^{-7}m$.



شكل 22.8: أطياف ذرة الهيدروجين الصادرة عند نزول إلكترون من المستوى السادس إلى أي مستوى أدنى.

وحيث أن طاقة الفوتون الصادر $E=h\nu$ ، فإن التغير في طاقة الفوتون يسبب بالضرورة تغير في تردده ν وطوله الموجي λ ، ولهذا وجد العلماء أن هناك 5 مجموعات من الأطياف (الفوتونات) تصدر من ذرة الهيدروجين المثارة:

1) مجموعة ليمان: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى n=1 ، وهي أشعة فوق بنفسجية أو أعلى في التردد، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})$.

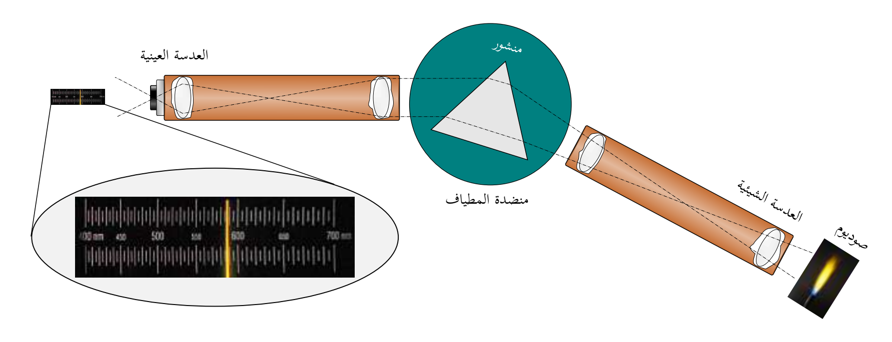
2) مجموعة بالمر: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى n=2 ، وهي أشعة طيف مرئي، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$.

3) مجموعة باشن: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى n=3 ، وهي أشعة تحت حمراء، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})$.

4) مجموعة براكت: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى n=4 ، وهي أشعة تحت حمراء، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2})$.

5) مجموعة فوند: أطياف تصدر نتيجة أنتقال الإلكترون من مستوى أعلى إلى المستوى n=5 ، وهي موجات أقل في التردد من الأشعة تحت الحمراء، $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2})$.

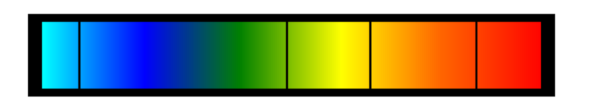
حيث R=1.097×10$^7m^{-1}$ ثابت رايدنبرج، و n عدد الكم الرئيسي الذي ينزل منه الإلكترون.



شكل 22.9: المطياف وطيف الصوديوم

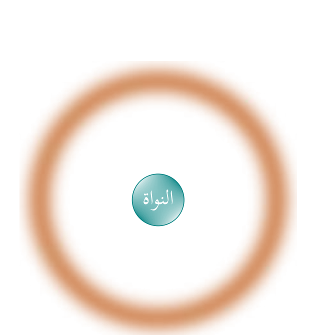
ولمشاهدة الأطياف نستخدم جهاز المطياف، حيث يعمل على تحليل الضوء إلى أطياف ضوئية، نستطيع من خلالها تعيين نوع العنصر، فلكل عنصر طيف ضوئي خاص به، ويشبه البصمة لدى الإنسان.

خطوط فراونهوفر


شكل 22.10: خطوط فراونهوفر - الخطوط السوداء

هي خطوط امتصاص رنيني تظهر في طيف الشمس.[1]
حين نضع المنشور أمام ضوء الشمس، نشاهد ألوان الطيف المعروفة، تبدأ بالأحمر وتنتهي بالبنفسجي. لكن إذا نظرنا إليها باستخدام عدسة جهاز المطياف، فإننا نلاحظ وجود خطوط سوداء مظلمة في أماكن متفرقة من الطيف، وأول من أكتشفها العالم فراونهوفر، فقام بترقيمها إلا أنه لم يفسر سبب وجودها، إلى أن جاء العالمان كيرشوف وبنسن[2]، واكتشفا أن أماكن هذه الخطوط المظلمة، تتطابق مع أماكن أطياف بعض العناصر، فاستنتجوا أن هذه العناصر موجودة في الغلاف الغازي للشمس، وهي التي قامت بامتصاص الضوء في هذه المناطق من الطيف بما يعرف بظاهرة الامتصاص الرنيني. وقد استفاد العلماء من هذه الظاهرة في معرفة العناصر الموجودة في الشمس (70 عنصر[15]) والنجوم رغم عدم ذهابهم إليها أو أخذهم لعينات منها، كما يستفاد منها في التحليل الطيفي للمواد في الصناعات المعدنية.

السحابة الإلكترونية



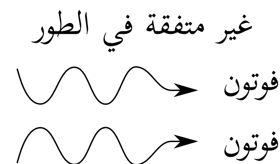
شكل 22.11: السحابة الالكترونية

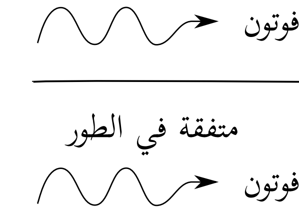
السحابة الإلكترونية هي المنطقة الأكثر احتمالية لوجود الإلكترون فيها.
افترض بور أن الإلكترونات تسير في مدارات ثابتة سميت بالمستويات، وحدد لكل منها نصف قطر ثابت يمكن حسابه رياضيا، لكن هذه التصور يتعارض مع مبدأ هايزنبرج الذي يقول بأنه من المستحيل تحديد موقع وزخم الإلكترون في اللحظة نفسها، ولهذا استعان العلماء بتصور دي برولي للطبيعة الموجية للإلكترون، وافترضوا أن الإلكترون يسير في مجال حركة الموجة المصاحبة للإلكترون دون أن نستطيع تحديد موقعه بالضبط عند لحظة معينة، وسميت هذه المنطقة بالسحابة الإلكترونية، وإذا وضعنا السحابة الإلكترونية للمستوى الأول والثاني والثالث ... فإننا نحصل على النموذج الكمي للذرة، لكن الموقع الأكثر احتمالية لوجود الإلكترون فيه هو نصف قطر المستوى الرئيسي الذي يوجد به.

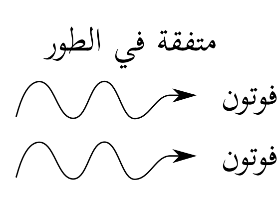
22.3 الليزر وتطبيقاته

الليزر هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز(المستحث).
الضوء العادي الموجود في حياتنا العادية، مثل الشمس، مصباح النيون، النار، يكون على شكل فوتونات لها أطوال موجية متنوعة وغير متفقة في الطور، بينما في الليزر تكون جميع الفوتونات متساوية في التردد والطول الموجي، ومتفقة في الطور.
كيف ينتج الليزر ؟ قام اينشتاين في عام 1917 بالإشارة إلى ظاهرة الانبعاث المستحث، وتعني بشكل مبسط، أن الإلكترون حين يكتسب طاقة ينتقل من مستواه الأرضي إلى المستوى الأعلى منه، ويبقى فيه لمدة $10^{-8}s$، ثم ينزل إلى مستوى أقل من المستوى الذي وصل إليه، مع فقده فرق الطاقة بين المستويين E_2-E_1 على شكل فوتون واحد، وتسمى العملية إلى هذه المرحلة بالانبعاث التلقائي، لكن إذا اصطدم فوتون خارجي بالإلكترون أثناء وجوده في المستوى العلوي، فإنه يطلق عند نزوله

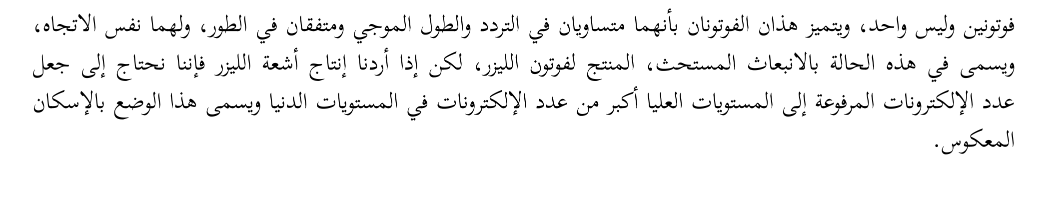
[1] فراونهوفر عالم بصريات ألماني ت 1826م.
[2] بنسن عالم الماني ت 1899م.



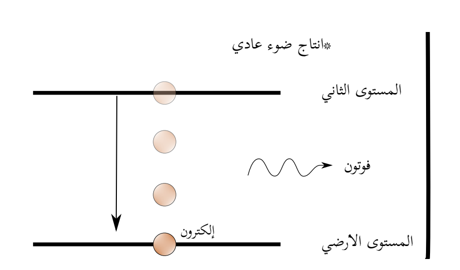




شكل 22.12: فرق الطور



فوتونين وليس واحد، ويتميز هذان الفوتونان بأنهما متساويان في التردد والطول الموجي ومتفقان في الطور، ولهما نفس الاتجاه، ويسمى في هذه الحالة بالانبعاث المستحث، المنتج لفوتون الليزر، لكن إذا أردنا إنتاج أشعة الليزر فإننا نحتاج إلى جعل عدد الإلكترونات المرفوعة إلى المستويات العليا أكبر من عدد الإلكترونات في المستويات الدنيا ويسمى هذا الوضع بالإسكان المعكوس.



شكل 22.13: الانبعاث المستحث

تم إنتاج الليزر لأول مرة في عام 1960م باستخدام موجات المايكرويف، ولهذا سمي ميزر Maser ، ثم تم تطويره واستخدم الضوء المرئي فسمي ليزر Laser ، وأخيرا استخدمت أشعة جاما فسمي قيزر Gaser ، واستخدمت أيضا الأشعة تحت الحمراء وسُمّي ليزر الأشعة تحت الحمراء.

مم يتكون جهاز الليزر ؟

مكونات جهاز الليزر

جهاز الليزر يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

1) التجويف الرنيني ويتكون من مرآتين إحداهما عاكسيتها أقل من 100% ، حيث تسمح بنفاذ جزء من الليزر وتعكس الباقي إلى المرآة المقابلة، وتكون بشكلين:

ا) 

تجويف رنيني داخلي: ويكون بطلاء جانبي الوسط الفعّال بمادة عاكسة، فيصبحان مرآتين، مع مراعاة أن تسمح إحداهما بنفاذ جزء من الليزر الساقط عليها، وتعكس الباقي للمرآة الأخرى.

ب) 

تجويف رنيني خارجي: ويكون بتثبيت مرآتين مستقلتين على جانبي الوسط الفعّال، مع مراعاة أن تسمح إحداهما بنفاذ جزء من الليزر الساقط عليها، وتعكس الباقي للمرآة الأخرى.

2) مصدر الطاقة، وتوجد عدة مصادر طاقة لتوليد الليزر:

ا) الطاقة الكهربائية، وتستخدم إما بطريقة مباشرة في أنبوب مفرغ من الهواء وتحت جهد عال، أو عن طريق توليد موجات ترددية راديوية تؤثر على الوسط الفعّال.

ب) الطاقة الضوئية، وتكون باستخدام مصباح قوي، أو شعاع ليزر خارجي.

ج) الطاقة الكيميائية.

د) الطافة الحرارية.

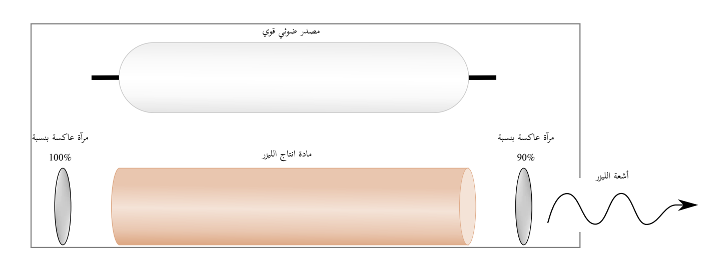
3) مادة منتجة لليزر (الوسط الفعّال):

ا) ليزر الجوامد مثل الياقوت.

ب) ليزر السوائل مثل الاسكولين.

ج) ليزر الغازات مثل الأرجون والكلور.

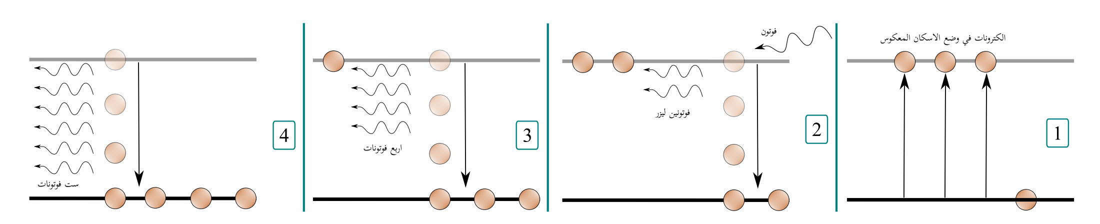
د) ليزر أشباه الموصلات.



شكل 22.14: إنتاج الليزر

طريقة عمل جهاز الليزر

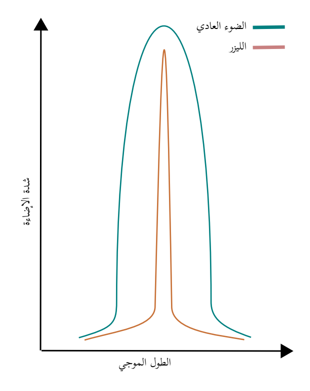
يقوم المصدر الضوئي بضخ عدد ضخم من الفوتونات التي تخترق المادة الفعّالة المنتجة لليزر، فتصطدم الفوتونات بالإلكترونات أثناء وجودها في المستوى العلوي كما تم شرحه في الأعلى، فينتج من كل إلكترون فوتونان، يسقط الفوتونان على المرآة، فيرتدان ويصطدم كل واحد منهما بإلكترون منتجاً فوتونين، فيصبح المجموع 4 ، ثم تصبح 8 ، ويستمر التضاعف، مع حركة الفوتونات جيئة وذهابا بين المرآتين. يخرج جزء من الفوتونات من المرآة التي عاكسيتها %99.9 ، ويسمى الضوء الخارج بالليزر، بينما تستمر الفوتونات الباقية بالانعكاس والتضاعف.



شكل 22.15: الإسكان المعكوس في الليزر

إن كفاءة أجهزة الليزر لا زالت منخفضة، حيث يفقد جزء كبير من الطاقة على شكل حرارة، فطلقة واحدة (نبضة) مثلا من مدفع ليزر لتدمير طائرة بدون طيار سعرها لا يتجاوز الآف الدولارات، تتكلف مليون دولار.

خصائص أشعة الليزر



شكل 22.16: أحادية اللون في الليزر

خصائص أشعة الليزر

1) أنها أحادية الطول الموجي، أي أن جميع فوتوناتها لها نفس الطول الموجي والتردد.

2) أنها مترابطة، أي تنطلق في نفس الوقت، وتحافظ على فرق الطور بينها.

3) أنها متوازية، أي أن فوتوناتها تسير في اتجاه واحد دون أن تتقاطع امتدادات مساراتها، لكن ليس للمسافات الكبيرة جدا، فحين قام العلماء الأمريكيون بإرسال شعاع ليزر من القمر إلى الأرض، وجدوا أنه انتشر على دائرة قطرها $15Km$.

4) أن لها استضاءة ثابتة، نتيجة بقاء فوتوناتها متوازية.

أمثلة على استخدامات الليزر



شكل 22.17: الباركود

العمليات الجراحية، قاريء الأقراص،الألياف البصرية لنقل البيانات والاتصالات والتلفزيون الكيبلي، لحام وقص المعادن، عرض ثلاثي الأبعاد (الهولوجرام)، بعض الطابعات المجسمة (ثلاثية الأبعاد)، قاريء أسعار الباركود.

22.4 الأشعة السينية

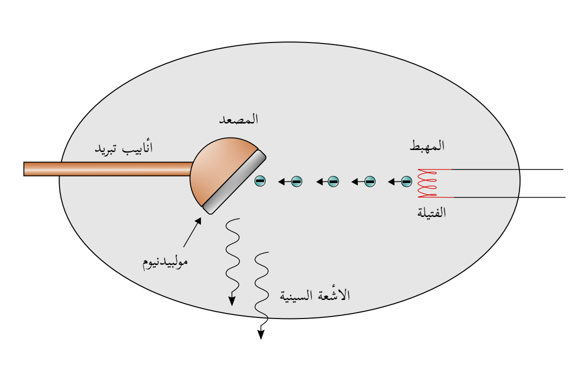
الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية طولها الموجي في المدى $0.01-10nm$.

وسميت بأشعة x لأن ماهيتها كانت مجهولة[3]، وتتميز بـ:

[3] اكتشفها الألماني رونتجن ت **1923م**.

- طاقتها عالية، وطولها الموجي قصير.
- لها قدرة كبيرة على اختراق الأجسام.
- تؤين الغازات.
- تحيد في البلورات.

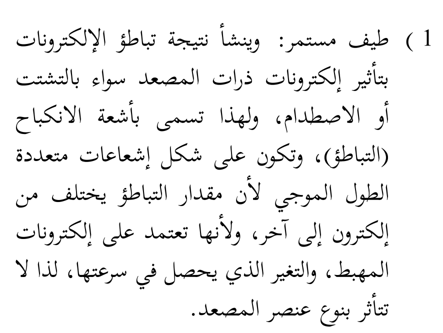
إنتاج الأشعة السينية



شكل 22.18: جهاز الأشعة السينية

يتكون جهاز إنتاج الأشعة السينية من أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء، يوضع في طرفه الأول فتيلة كهربائية تمثل القطب السالب وتسمى المهبط، وفي طرفها الآخر قطعة من السيراميك سطحها مغطي بالنحاس أو التنجستين أو المولبيدنيوم ويسمى المصعد، وعند تشغيل الجهاز، تبدأ الإلكترونات بالانقذاف من المهبط، ثم الاصطدام بسطح المصعد.

ينتج عن هذه الاصطدام نوعين من الموجات:



1) طيف مستمر: وينشأ نتيجة تباطؤ الإلكترونات بتأثير إلكترونات ذرات المصعد سواء بالتشتت أو الاصطدام، ولهذا تسمى بأشعة الانكباح (التباطؤ)، وتكون على شكل إشعاعات متعددة الطول الموجي لأن مقدار التباطؤ يختلف من إلكترون إلى آخر، ولأنها تعتمد على إلكترونات المهبط، والتغير الذي يحصل في سرعتها، لذا لا تتأثر بنوع عنصر المصعد.

2) طيف خطي: وينشأ نتيجة اصطدام إلكترون المهبط بإلكترون قريب من النواة في ذرة المصعد، وصعوده لمستوى عال ثم نزوله مرة أخرى، أو خروجه من الذرة، فيقوم إلكترون بالنزول ليحل محله، (هي نفس فكرة طيف ليمان)، ويتميز هذا الطيف بأن له تردد موحد في مجال الأشعة السينية، ويتناسب هذا التردد طرديا مع العدد الذري لعنصر المصعد.



شكل 22.19: الاشعة السينية[2]

بعض استخداماتها

- التصوير الطبي والأمني لجسم الإنسان.
- علاج الأورام السرطانية.
- كشف الشقوق والتصدعات في المعادن والأخشاب.
- فحص حقائب المسافرين في المطارات.
- دراسة بلورات الجوامد.

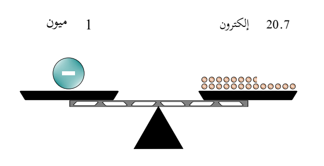
ضررها

أثبتت الدراسات العلمية أن الأشعة السينية مسبب للسرطان والعقم، لذا يجب استخدامها عند الضرورة، مع اتباع إجراءات السلامة المعتمدة من الجهات الرسمية المنظمة للعمل عليها، بالنسبة للمريض والفني المشّغل للجهاز.

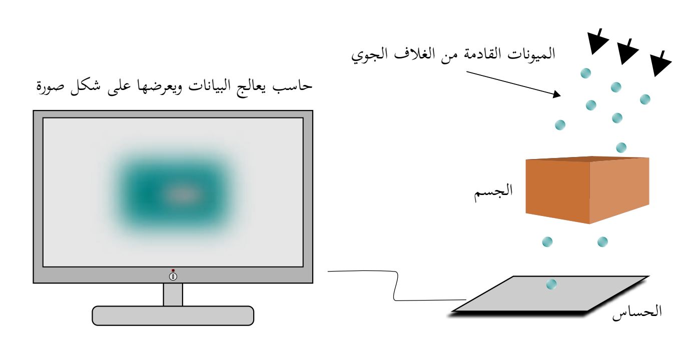
أشعة الميون

الميون μ هو جسيم صغير جدا كتلته تعادل 20.7 ضعف كتلة الإلكترون وشحنته سالبة $-1.6\times10^{-19}J$ ، ويتكون الميون نتيجة لاصطدام الأشعة الكونية (في غالبها بروتونات) بذرات غازات الغلاف الجوي، ولشدة صغر الميون وسرعته العالية $0.98C$ فإنه يستطيع العبور من خلال كل شيء، أي يستطيع عبور أي جامد وأي سائل وأي غاز، وكل الأجسام بالنسبة له شفافة بنسبة

شفافية 99% تقريبا، ومع تطور أجهزة الرصد تم إنتاج حساسات خاصة على شكل شرائح تستطيع رصد التغير في كثافة الميونات العابرة من خلال جسم ما، لكن يجب أن يكون الجسم سميك وكثافته عالية (جامد)، وتكون الصورة المتكونة ضبابية كما في الرسم التوضيحي، ورغم مجانية الميونات إلا أنه يصعب استخدامها كبديل للأشعة السينية نظراً لأن العدد المتساقط منها لا يتعدى 100 ميون في المتر المربع خلال الثانية الواحدة وعمره $2.2\mu s$.



شكل 22.20: كتلة الميون بالنسبة لكتلة الإلكترون.



شكل 22.21: أشعة الميون

مثال 22.4.145 السؤال

أثبت أن الميون يستطيع الوصول لسطح الأرض مع أن عمره قصير جدا على افتراض أن ارتفاع الغلاف الجوي 10000 متر ؟

الحل

تعيين المعطيات: $t{=}2.2\mu s$ ، $C{=}3{\times}10^8 m/s$ ، $v{=}0.98Cm/s$ ، $d{=}10000m$

التطبيق:

(الطول النسبي يتقلص) $$L = L_o.\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$L{=}10000.\sqrt{1{-}\frac{0.98c^2}{c^2}}$$

$$=1990m$$

(الزمن النسبي يتمدد) $$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t'{=}\frac{2.2{\times}10^{-6}}{\sqrt{1{-}\frac{0.98c^2}{c^2}}}$$

$$=11\mu s$$

$$t{=}\frac{d}{v}{=}\frac{1990}{0.98{\times}3{\times}10^8}{=}6.7\mu s$$

النتيجة: أي أن الميون سيصل لسطح الأرض بعد 6.7 ميكروثانية وهو أصغر من عمره النسبي $11\mu s$.

22.5 التدريبات

1- احسب الكتلة النشطة المتبقية من $4kg$ من اليورانيوم $U-239$ بعد مرور $40min$ حيث عمر النصف له $23min$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N_0=4Kg$ ، $t=40min=2400s$ ، $T_{1/2}=1380min=1380s$

التطبيق:

$$N=N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$=4\times 2^{(\frac{-40\times 60}{23\times 60})}$$

$$=1.1982kg$$

2- كم جولا تساوي وحدة الطاقة الذرية ؟

ا) 1.6×10^{-19} ✓

ب) 6.1×10^{-19}

ج) 1.6×10^{-9}

د) 6.1×10^{-9}

3- فائدة منتخب السرعات الحصول على ؟

ا) جسيمات مشحونة لها نفس السرعة ✓

ب) أشعة غاما

ج) تيار كهربائي

د) أشعة فوق بنفسجية

4- سبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية عند اصطدامها بلوح مطلي بالزنك، أن تردد الأشعة فوق البنفسجية ...... تردد العتبة للزنك ؟

ا) $\prec$ ✓

ب) $\succ$

ج) $=$

د) $\succeq$

5- من هو مكتشف نواة الذرة ؟

ا) رذرفورد ✓

ب) واطسون

ج) بور

د) اينشتاين

6- أي نوع من الاضمحلال لا يتغير فيه عدد البروتونات أو النيوترونات في النواة ؟

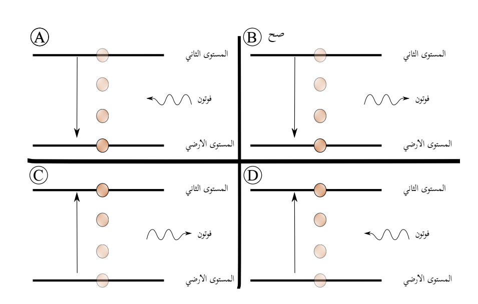
ا) غاما ✓

ب) بوزترون

ج) ألفا

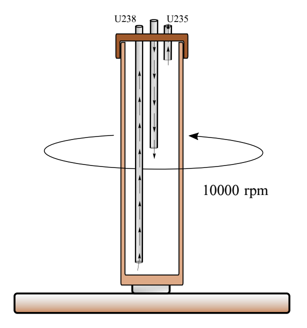
د) بيتا

7- أي الرسومات التالية تمثل الانبعاث التلقائي للضوء ؟ B

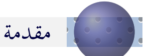


23

المفاعلات النووية



- المواد المشعة
- تخصيب اليورانيوم
- المفاعلات الذرية



مقدمة

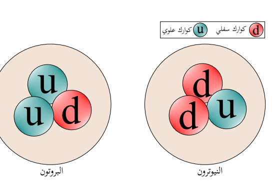
23.0.1 الذرة

قبل أن نبدأ في الحديث عن المفاعلات الذرية، يحسن بنا أن نستذكر بعض المعلومات الأساسية التي سبق وأن درسناها أو قرأناها، مثل الذرة وتركيبها.

الذرة تتكون من نواة وإلكترونات تدور حولها، النواة موجبة الشحنة لاحتوائها على البروتونات الموجبة ⊕، أما النيوترونات فهي متعادلة الشحنة. الإلكترونات ⊖ سالبة الشحنة وتوجد خارج النواة. البروتونات والنيوترونات متساوية تقريبا في الكتلة، بينما الإلكترونات أصغر منهما بكثير. الشحنات المختلفة تتجاذب، والشحنات المتشابهة تتنافر، البروتونات والنيوترونات تسمى نيوكلونات، النيوترون إذا خرج من النواة يفنى خلال دقائق بينما البروتون يستطيع أن يعيش مليارات السنين.

لماذا تكون البروتونات موجبة ؟

البروتونات والنيوترونات مكونة من جسيمات أصغر تسمى الكواركات، وكل بروتون أو نيوترون يحتوي 3 كواركات، لكنها مختلفة في النوع، فالبروتون مكون من 2 كوارك علوي و 1 كوارك سفلي uud ، والنيوترون مكون من 2 سفلي و 1 علوي udd، وشحنة العلوي $\frac{2}{3}$ وشحنة السفلي سالبة $-\frac{1}{3}$، فتكون الشحنة الكلية للبروتون 1 والشحنة الكلية للنيوترون صفر.



شكل 23.1: الكواركات

مثال 23.0.146 السؤال

احسب الشحنة الكلية لبروتونين وثلاث نيوترونات باستخدام شحنة الكواركات ؟

الحل

تعيين المعطيات: $Q_u{=}7$ ،$Q_d{=}8$

التطبيق:

$$Q_{Total}{=}7Q_u{+}8Q_d$$

$$=7{\times}\frac{2}{3}{+}8{\times}\frac{-1}{3}{=}\frac{14}{3}{-}\frac{8}{3}$$

$$=\frac{6}{3}{=}2$$

النتيجة: محصلة الشحنة الكلية تساوي 2 شحنة موجبة.

النواة وشحنتها

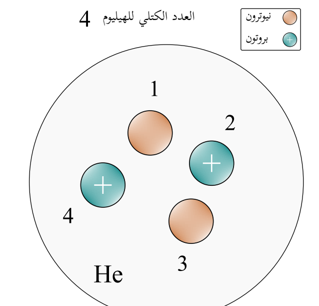
تم اكتشاف النواة عن طريق تجارب رذرفورد، كما سبق ذكره، وحيث أن النيوترونات متعادلة الشحنة فإننا نستطيع حساب شحنة النواة بضرب عدد البروتونات في الشحنة $Z{\times}1.6{\times}10^{-19}$.

العدد الكتلي

العدد الكتلي هو مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات الموجودة في نواة الذرة.

$$A = nP + nN \qquad (23.1)$$

حيث nP عدد البروتونات، nN عدد النيوترونات



شكل 23.2: العدد الكتلي يساوي مجموع البروتونات والنيوترونات.

مثال 23.0.147 السؤال

كم عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نواة ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $A{=}12$ ،$Z{=}6$

التطبيق:

عدد البروتونات يساوي العدد الذري Z ويساوي 6 بروتونات

أما عدد النيوترونات

$$A{=}nP{+}nN$$

$$nN{=}A{+}nP$$

$$nN{=}12{-}6{=}6$$

النتيجة: عدد البروتونات 6 وعدد النيوترونات 6 .

إذا نظرنا للجدول الدوري فإننا نجد أن العدد الكتلي للكربون يساوي 12.011 وهو عدد غير صحيح (به فاصلة عشرية)، فهل يوجد داخل النواة أنصاف وأرباع بروتونات ؟!

البروتونات والنيوترونات تكون دائما كاملة ولا يمكن وجود ربع أو نصف أو جزء بروتون، والسبب في وجود هذه الأعداد العشرية على يمين العدد الكتلي أن بعض العناصر لها نظائر (عنصر له نفس عدد البروتونات وعدد نيوترونات مختلف)، ولكي نعين العدد الكتلي للعنصر نقوم بحساب متوسط العدد الكتلي لجميع النظائر.

رموز العناصر

كل عنصر له رمز مكون من حرف أو حرفين للدلالة عليه، ولا توجد قاعدة عامة لاشتقاق الاسم، فبعض العناصر مشتقة من أسماء أشخاص وبعضها من أسماء بلدان وبعضها من اسم العنصر المعروف به، وتحتوي رموز العناصر على ثلاث معلومات على الأقل ، رمز العنصر وعدده الذري والعدد الكتلي.

$$C_{\text{العدد الذري}}^{\text{العدد الكتلي}}=C_Z^A=C_6^{12.011}$$

شكل 23.3: الكربون

وحدات الكتلة الذرية

وحدة الطاقة الذرية

$$1eV = 1.6 \times 10^{-19}J \tag{23.2}$$

وحدة الكتلة الذرية

$$1u = 1.66 \times 10^{-27}kg \equiv 931.494MeV \tag{23.3}$$

ولحساب كتلة النواة نضرب عدد الكتلة في وحدة الكتلة الذرية

$$m_{\text{النواة}} = A \times u \tag{23.4}$$

حيث A عدد الكتلة

طاقة وحدة الكتلة الذرية

$$E=mc^2$$
$$=1.66\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2$$
$$=1.494\times10^{-10}J/1.6\times10^{-19}$$
$$\simeq931.494MeV$$

مثال 23.0.148 السؤال

احسب كتلة نواة ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $A=12$

التطبيق:

$$m_{\text{النواة}}=A\times u$$
$$=12\times1.66\times10^{-27}$$
$$=1.992\times10^{-26}Kg$$

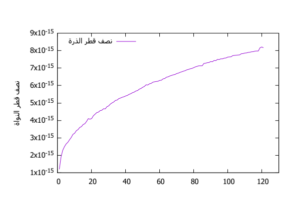
النتيجة: كتلة نواة ذرة الكربون تساوي 1.992×10^{-26} كيلو جرام.

كتلة جسيم ألفا (2برتون+2نيوترون) $4.00153u$

نصف قطر النواة

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}} \tag{23.5}$$

حيث r نصف قطر النواة، r_0 ثابت يساوي $1.2\times10^{-15}m=1.2fm$ ، Aالعدد الكتلي.



شكل 23.4: أنصاف أقطار أنوية عناصر الجدول الدوري.

مثال 23.0.149 السؤال

احسب نصف قطر ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $r_0=1.2\times10^{-15}$ ، $A=12$

التطبيق:

$$r=r_0A^{\frac{1}{3}}$$

$$=1.2\times10^{-15}\times\sqrt[3]{12}$$

$$=2.747\times10^{-15}m$$

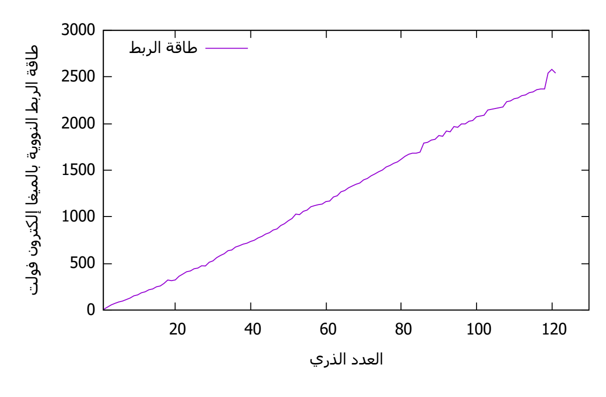
النتيجة: نصف قطر ذرة الكربون يساوي 2.747×10^{-15} متر.

لكن ما الذي يجعل البروتونات متجاورة داخل النواة رغم أنها متنافرة، فجميع البروتونات موجبة ومتشابهة في الشحنة؟!

شكل 23.5: الشحنات

القوة النووية القوية

وجد العلماء أن كتلة النيوكلونات داخل النواة لا تساوي كتلة النواة، وعندما بحث العلماء عن السبب، وجدوا أن هناك روابط بين البروتونات وبعضها، والنيوترونات وبعضها، وبين البروتونات والنيوترونات، وأن هذه الروابط عبارة عن طاقة ربط لها كتلة، وتسمى القوة النووية القوية. وتتغلب هذه القوة على قوة التنافر بينهم، ورغم كبرها إلا أن تأثيرها لا يتعدى $1.4\times10^{-15}m$ ، ويمكن حسابها بالقانون:



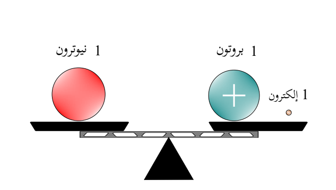
شكل 23.6: طاقة الربط النووية

$$B_E=[M_x-(Zm_p+Nm_n)]\times931 \quad (23.6)$$

حيث B طاقة الربط، Z عدد البروتونات، N عدد النيوترونات، m_p و m_n كتلتي البروتون والنيوترون، M_x العدد الكتلي، ووحدة الطاقة الإلكترون فولت.

	الرمز	الكتلة بالكيلوجرام	الكتلة بوحدة الكتلة الذرية	الشحنة
البروتون	p	$1.672621637\times10^{-27}kg$	$1.007825U$	$1.602176487\times10^{-19}C$
النيوترون	n	$1.67492729\times10^{-27}kg$	$1.008665U$	0

جدول 23.1: النيوكلونات



شكل 23.7: نسبة كتلة النيوترون إلى كتلة البروتون وكتلة الإلكترون.

مثال 23.0.150 السؤال

احسب طاقة الربط داخل ذرة الكربون C_6^{12}؟

الحل

تعيين المعطيات: $Z=6$ ، $M_x=A=12.011$

التطبيق:

$$B_E=[M_x-(Zm_p+Nm_n)]\times 931$$

$$=[12.011-(6\times 1.007825+6\times 1.008665)]\times 931$$

$$=[12.011-12.09894]\times 931$$

$$=-81.872Mev$$

النتيجة: طاقة الربط داخل ذرة الكربون 81.872– ميغا الكترون فولت، مع إهمال طاقة الربط بين البروتونات والإلكترونات لضآلتها.

عند كسر قوة الربط النووية بين النيوكلونات[1]، تخرج طاقة ضخمة نشاهدها في الانفجارات النووية، وهذه الطاقة هي الكنز الذي تبنى من أجله المفاعلات الذرية. لكن كيف نكسر هذه الروابط وهي قوية جدا؟!، في الحقيقة أن علماء الفيزياء يستعينون بقوة التنافر بين البروتونات نفسها، فهذا التنافر يزداد بزيادة عدد البروتونات (العدد الذري) داخل النواة. وعندما يصل العدد إلى مقدار معين، يصبح التنافر شديدا إلى درجة أن النيوكلونات تبدأ بالتفلت من النواة، وتسمى المادة في هذه الحالة بالعنصر المشع، مثل اليورانيوم والبلوتونيوم. إن انفلات النيوكلونات من النواة في العناصر المشعة يكون بمعدل ثابت، حسب قانون عمر النصف، إن معدل التحلل قد يكون سريعا في بعض العناصر (أجزاء من الثانية) وبعضها بطيء جداً (ملايين السنين) ، وفي كل الأحوال يؤدي تغير عدد البروتونات داخل النواة سواء بالنقص أو الزيادة لتحول النواة لعنصر جديد.

⋆ طرفة علمية

عنصر الحديد له واحدة من أقوى قوى الربط النووية في الطبيعة.

التحلل الإشعاعي للعناصر

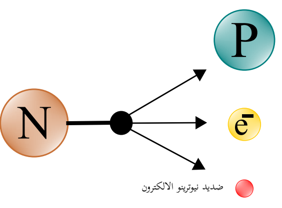
كما سبق ذكره، أن القوة النووية القوية تربط بين الجسيمات داخل النواة فتمنعها من الخروج، لكن إذا وصل التنافر لدرجة معينة أو إلى نقطة تتغلب فيها قوة التنافر على القوة النووية القوية، عندها تبدأ جسيمات النواة بالتفلت، وتسمى هذه العملية بالتحلل أو الاضمحلال الإشعاعي، وتستمر عملية التحلل إلى أن ينتج عنصر مستقر تتغلب فيه القوة النووية القوية على قوة التنافر، وقد تم التنبه لهذه العملية في تسعينات القرن التاسع عشر على يد عدد من العلماء أشهرهم بيكريل و رذرفورد. وتوصل رذرفورد إلى وجود ثلاثة أنواع من الأشعة الناتجة عن الذرة:

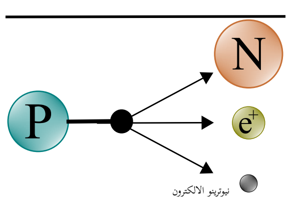
1) أشعة ألفا α : هي ذرة هيليوم H_2^4 ، ويمكن إيقافها باستخدام قطعة من الورق نظرا لحجمها الكبير، وسرعتها $3\times 10^7 m/s$.

2) أشعة بيتا β : هي جسيم مساوي لكتلة الإلكترون، ويمكن صدها برقاقة من الألمنيوم. وهي نوعان:

ا) بيتا سالب β^- أو e^- : ويسمى إلكترون، وينتج عن تحلل نيوترون ليصدر بروتون + إلكترون سالب+ ضديد نيوترينو الإلكترون[2]، وفي هذه الحالة يتحول العنصر إلى العنصر التالي له في الجدول الدوري $n_0^1\rightarrow p_1^1+e^-+\overline{\nu}_e$.

ب) بيتا موجب β^+ أو e^+ : ويسمى بوزترون، وينتج عن تحول بروتون ليصدر نيوترون + بوزترون موجب+ نيوترينو الالكترون، وفي هذه الحالة يتحول العنصر إلى العنصر السابق له في الجدول الدوري $energy+p_1^1\rightarrow n_0^1+e^++\nu_e$.





شكل 23.8: أشعة بيتا

3) أشعة غاما γ : هي موجات كهرومغناطيسية تنتج عن الاندماج أو الانشطار النووي، ويمكن صدها بحاجز من الرصاص سمكه $1cm$ ، وسرعتها تساوي سرعة الضوء.

إن التغيرات التي تحصل في النواة بتأثير قوى داخلية أو خارجية يعبر عنها عادة بمعادلات تشبه معادلات التفاعل الكيميائي، أي طرف ايسر وايمن وبينهما إشارة »يؤدي إلى« المعروفة بهذا الرمز $\rightarrow$، فإذا قلنا مثلا $Rn_{86}^{222}\rightarrow Po_{84}^{218}+He_2^4$ فهذا يعني أن الرادون عند تحلله ينتج ذرة بولونيوم وجسيم ألفا.

[1] النيوكلون هو البروتون أو النيوترون.

[2] النيوترينو جسيم صغير جدا وليس له شحنة (مختلف فيه).

مثال 23.0.151 السؤال

أكمل المعادلات التالية مستعينا بالجدول الدوري في نهاية الكتاب؟

الحل

تعيين المعطيات: $Na^{23}_{11} \rightarrow ? + e^{+}$ ، $Np^{239}_{93} \rightarrow ? + e^{-}$

التطبيق: المعادلة الأولى تقول بأنه نتج إلكترون موجب (بوزترون) وهذا يعني فقد بروتون وبالتالي سيتحول الصوديوم إلى العنصر السابق له في الجدول الدوري وهو النيون

$$Na^{23}_{11} \rightarrow Ne^{23}_{10} + e^{+}$$

أما المعادلة الثانية تقول بأنه نتج إلكترون سالب وهذا يعني أنه فقد نيوترون ونتج بروتون، وبالتالي سيتحول النبتونيوم للعنصر التالي له في الجدول الدوري وهو البلوتونيوم

$$Np^{239}_{93} \rightarrow Pu^{239}_{94} + e^{-}$$

النتيجة: في المعادلة الأولى ينتج نظير النيون Ne^{23}_{10} وفي المعادلة الثانية ينتج نظير البلوتونيوم Pu^{239}_{94}.

23.1 معادلة عمر النصف النشط

عمر النصف هو الزمن اللازم لتحلل نصف الكمية من المادة المشعة، فمثلا إذا كان لدينا $8Kg$ من مادة مشعة عمر النصف لها يوم واحد، فإن ما يتبقى منها بعد يوم $4Kg$ وبعد يومين نصف الأربعة وهو $2Kg$ وبعد ثلاثة أيام $1Kg$ ثم $0.5Kg$ ، ثم $0.25Kg$ وهكذا إلى أن نصل للصفر.

ويقاس النشاط الإشعاعي للمادة المشعة في النظام الدولي بوحدة بيكريل[3] Bq وتعرف بأنها كمية الأشعة الصادرة من مادة مشعة تتحلل فيها نواة واحدة في الثانية.

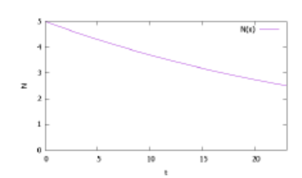


العنصر	عمر النصف	الناتج
Rn^{200}_{238}	$1s$	ألفا
Y^{81}_{39}	$5min$	بوزترون
S^{35}_{16}	$87.4day$	بيتا
Th^{232}_{90}	$1.41\times 10^{10} year$	ألفا

جدول 23.2: عمر النصف لبعض العناصر.[15]

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}} = N_0 e^{\frac{-0.693t}{T_{1/2}}} \quad (23.7)$$

حيث N الكتلة النشطة، N_0 الكتلة الأصلية، $T_{1/2}$ عمر النصف النشط، t الزمن الذي مضى.



شكل 23.9: عمر النصف

مثال 23.1.152 السؤال

احسب الكتلة النشطة المتبقية من $5kg$ من اليورانيوم U^{239}_{92} بعد مرور $20min$ حيث عمر النصف له $23min$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $N_0 = 5Kg$ ، $t = 20min = 1200s$ ، $T_{1/2} = 23min = 1380s$

التطبيق:

$$N = N_0 2^{\frac{-t}{T_{1/2}}}$$

$$= 5 \times 2^{\left(\frac{-20\times 60}{23\times 60}\right)}$$

$$= 2.7366kg$$

النتيجة: الكتلة النشطة المتبقية تساوي 2.7366 كيلوجرام.

قانون الطاقة لاينشتاين

وهو قانون ينص على أن المادة يمكن أن تتحول لطاقة، كما وتتفق مع دي برولي في أن الطاقة يمكن أن تتحول لمادة.

$$E = mc^2 \quad (23.8)$$

[3] تكريما للفرنسي بيكريل ت 1908م.

حيث E الطاقة الناتجة، m الكتلة، c سرعة الضوء.

23.2 الطاقة النووية

يوجد نوعين من الطاقة النووية

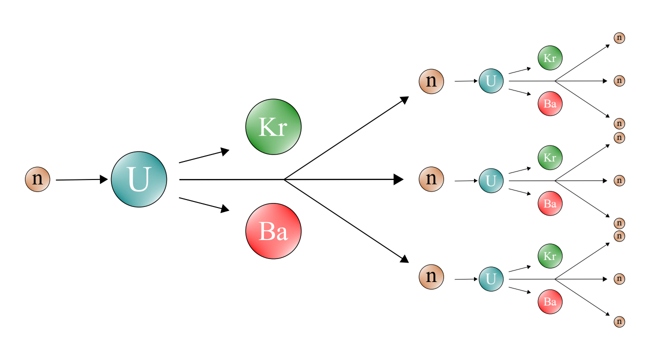
الطاقة الانشطارية هي عملية انقسام لنواة المادة المشعة وإنتاج ذرة جديدة أو أكثر بالإضافة إلى كمية من الطاقة تساوي الفرق بين كتلة المادة المنشطرة وكتلة المواد الناتجة.

الطاقة الاندماجية هي عملية اندماج لذرات مادة أو أكثر تحت تأثير طاقة خارجية كبيرة، وينتج عنها ذرة جديدة أو أكثر وطاقة كبيرة جدا.

23.2.1 الانشطار النووي

لاحظ العلماء في بداية القرن الماضي أن تسليط شعاع من النيوترونات على ذرة اليورانيوم يؤدي إلى إنتاج ذرات جديدة وطاقة، فاستنتجوا أن النيوترونات تسببت في انقسام نواة اليورانيوم وإنتاج عنصر الباريوم والكربتون وفق المعادلة:

$$n_0^1+U_{92}^{235}\rightarrow Ba_{56}^{141}+Kr_{36}^{92}+3n_0^1+7.6MeV$$



شكل 23.10: التفاعل المتسلسل

ويصطدم كل نيوترون خارج من الانشطار بنواة ذرة يورانيوم جديدة محدثا انشطار جديد، وهذا ما يعرف بالتفاعل المتسلسل، ولهذا توضع قضبان جرافيت أو كادميوم متحركة داخل المفاعلات لاعتراض النيوترونات عند الرغبة بخفض عدد الانشطارات، وترفع عند الرغبة بزيادتها.

23.2.2 المفاعلات النووية

هي منشأة تستخدم لإنتاج الطاقة عن طريق الانشطار أو الاندماج النووي.

23.2.2.1 المواد المستخدمة في المفاعلات الذرية

الماء الثقيل D_2O هو مادة تشبه الماء العادي إلا أنها تختلف عنه في عدة أشياء:

الماء الثقيل	الماء العادي
D_2O	H_2O
يحتوي ذرتي ديتيريوم	يحتوي ذرتي هيدروجين
درجة تجمده 3 مئوي	درجة تجمده 0 مئوي
درجة غليانه 101 مئوي	درجة غليانه 100 مئوي
يتواجد في البحار والمحيطات	يتواجد في كل مكان
لا يصلح للشرب	يصلح للشرب
لا يصلح للزراعة	يصلح للزراعة

جدول 23.3: الماء الثقيل

⋆ هدف وجداني

للأسف! قنبلتي هيروشيما وناجازاكي قتلت أكثر من 200 ألف رجل ومرأة وطفل، وعدد غير محدد من الحيوانات.

البلوتونيوم هو عنصر يوجد كمنتج ثانوي في مفاعلات اليورانيوم، فبعد استهلاك طاقة الوقود النووي يتم استبداله بوقود جديد، وتجرى عمليات كيميائية للوقود المستهلك لاستخراج مادة البلوتونيوم، والتي تستخدم بالدرجة الأولى في صنع القنابل الذرية، لكن يستخدم أيضا كوقود لبعض المفاعلات النووية، وينتج البلوتونيوم من اليورانيوم وفق التفاعل التالي:

$$U_{92}^{238} + n_0^1 \rightarrow U_{92}^{239} - n_0^1 \rightarrow Np_{93}^{239} - n_0^1 \rightarrow Pu_{94}^{239} \qquad (23.9)$$

فيتحول اليورانيوم 238 إلى يورانيوم 239 بعد اصطدام النيوترون بنواته، ثم يحدث تحلل بيتا لنواته وتفقد نيوترون وتكتسب بروتون فيصبح عنصر النيوبيوم، ثم يحدث تحلل بيتا فيتحول النيوبيوم إلى بلوتونيوم.

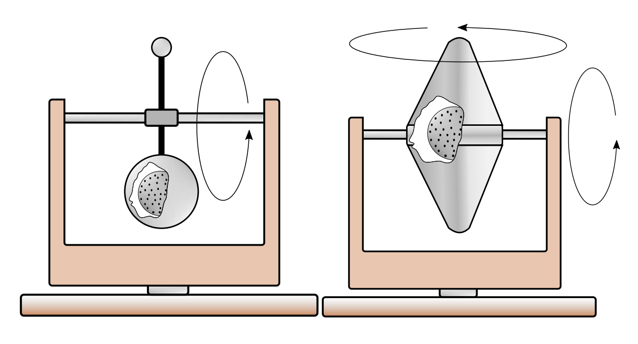
الثوريوم عنصر الثوريوم المشع Th_{90}^{232} يتميز بوفرته فهو العنصر العاشر من حيث الوفرة على سطح الأرض، فالكمية الموجودة منه تكفي البشر 10 الآف سنة، وكل $1cm^3$ منه تعادل 800 لتر من الديزل، ويتميز بأنه عند خلطه بالبلوتونيوم وبنفايات مفاعلات اليورانيوم يستهلكها ويحرقها، وبالتالي يعطينا طاقة كهربائية ويساعدنا على التخلص من نفايات اليورانيوم المخزنة في العالم على مدى العقود الماضية، فضلا عن أن كمية الاستهلاك السنوي للمفاعلات الموجودة الآن يساوي $65000 tonnes$ يورانيوم، بينما لو استبدلناه بالثوريوم سنحتاج $5000 tonnes$ فقط من الثوريوم للحصول على نفس كمية الطاقة. لكن المشكلة التي تقف بيننا وبين استخدام الثوريوم هي عدم توصل العلماء إلى طريقة عملية لاستخلاص الثوريوم بكميات وأسعار تجارية لتشغيل المفاعلات النووية، وعدم وجود نماذج حديثة وآمنة لمفاعلات الثوريوم التي تعتمد على الوقود السائل وتستخدم فلوريد الليثيوم LiF وفلوريد البريليوم BeF_2 الخطرين[17]، فقد توقف تطوير هذه المفاعلات لفترة طويلة نظراً لعدم قدرة هذه المفاعلات على إنتاج القنابل النووية، وربما خلال عقدين[4] أو ثلاثة سيبدأ عصر مفاعلات الثوريوم، وتعتبر مصر رقم 23 في المخزون العالمي للثوريوم، بالإضافة للمغرب وموريتانيا، أخيرا الثوريوم موجود في حياتنا اليومية فكل جهاز مايكرويف منزلي يحتوي على $10 grams$ من حلقات الثوريوم داخل الماغنترون. [5]

اليورانيوم لقد وجد العلماء أن اليورانيوم من أفضل العناصر التي يمكن استخدامها في المفاعلات النووية، لكن من أين نحصل على اليورانيوم ؟ وكيف نستخدمه ؟

اليورانيوم U_{92}^{238} هو العنصر المشع المستخدم في غالبية المفاعلات النووية، ويتميز بأنه عنصر مشع متوفر بكميات جيدة في الطبيعة، ويوجد عادة في صخر البتشبلند(اليورانينيت)، وقد تم استخلاص اليورانيوم منه على يد العالم الألماني يوهانجورجنستات عام 1789م، ويتكون اليورانيوم الطبيعي من نوعين من اليورانيوم U_{238} ونسبته 99.284% وهو نوع رديء والنوع الثاني U_{235} ونسبته 0.711% وهو النوع الممتاز لكن نسبته منخفضه جدا، ولهذا حاول العلماء فرز النوعين واستخراج النوع الممتاز U_{235} ، إلا أن المشكلة التي واجهتهم هي تشابه الإثنين في اللون والشكل، والتفاعلات الكيميائية، ولهذا كان الفصل الكيميائي مستحيل، لذا لجأوا للطرق الفيزيائية، ولم ينجحوا في فرزهما تماما، وإنما استطاعوا تقليل نسبة اليورانيوم الرديء، ورفع نسبة اليورانيوم الممتاز، ولهذا سموا العملية بالتخصيب وليس الفرز.

23.2.2.2 تخصيب اليورانيوم

طرق تخصيب اليورانيوم (الفرز) من الأقدم للأحدث:

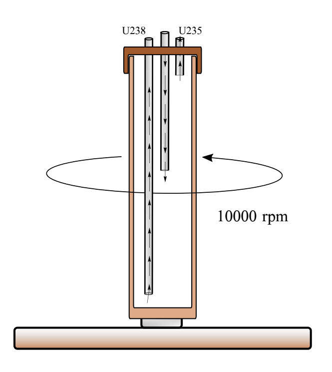


شكل 23.11: التخصيب بالانتشار

[4] العقد عشر سنوات، والقرن مئة سنة.

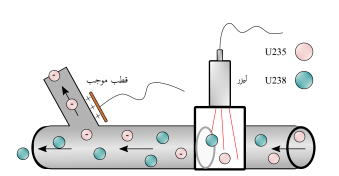
[5] الماغنترون هو القطعة التي تصدر الموجات في جهاز المايكرويف.

1- طريقة الانتشار: هي الطريقة الأقدم وتعمل على فكرة تطبيق قانون جراهام، ونجحت هذه الطريقة لكن ليس بنسبة عالية. قانون جراهام ينص على أن معدل تدفق الغازات يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات $\frac{R_1}{R_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ ، أي أننا إذا بخرنا سداسي فلوريد اليورانيوم عند درجة $56.54^o c$، ومررنا الغاز من خلال جدار مسامي فإن تدفق الغاز U_{235}(ذو الكتلة المولية الأصغر $235.0439g$) أكبر من تدفق اليورانيوم الأخر (ذو الكتلة المولية الأكبر $238.0289g$)، فإذا جمعنا الغاز الخارج من المسامات وكثفناه، فإننا نحصل على يورانيوم يحتوي على $U235$ بتركيز أعلى، وإذا كررنا العملية مرات ومرات، سنجعل تركيز اليورانيوم $U235$ يصل إلى الحد اللازم لتشغيل المفاعل النووي.



شكل 23.12: التخصيب بالطرد المركزي

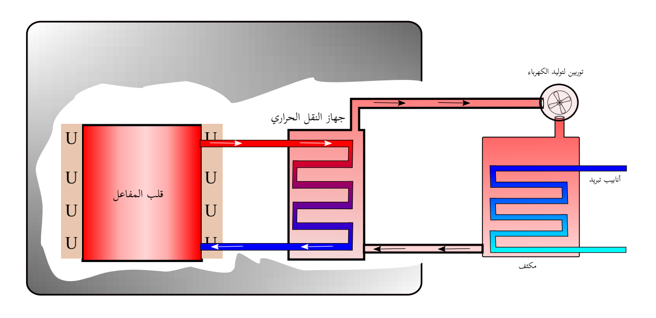
2- طريقة الطرد المركزي: وهي طريقة تعتمد على الكثافة، فحين نضع الزيت والماء معا في إناء، يطفو الزيت على الماء، لأن كثافة الزيت أقل من كثافة الماء. يتم تمرير غاز سداسي فلوريد اليورانيوم إلى أسطوانة عمودية تدور حول محورها بسرعة بين $10000-20000 r/min$ ، فينفصل اليورانيوم U_{235} ويصعد لأعلى الأسطوانة لأنه الأخف، ويخرج من أنبوب في أعلى الأسطوانة، وينزل اليورانيوم U_{238} لأنه الأثقل ويخرج من أنبوب في اسفل الأسطوانة. لكن لأن نسبة اليورانيوم U_{235} منخفضة جدا، يخرج معه بعض من اليورانيوم U_{238} ، ولهذا يمرر الغاز الخارج من الأنبوب العلوي إلى جهاز آخر للتخلص من اليورانيوم U_{238} ثم جهاز ثالث ورابع، وقد يصل الصف الواحد إلى 100 جهاز طرد مركزي، إلى أن تصل نسبة اليورانيوم $U235$ للحد المطلوب.



شكل 23.13: التخصيب بالتأين بالليزر

3- طريقة التأين بالليزر: وتقوم فكرة هذه الطريقة على أن الأيونات السالبة أو الموجبة تنجذب للأقطاب الكهربائية المخالفة لها في الشحنة، فيتم تسليط شعاع ليزر بتردد معين على بخار خليط اليورانيوم، بحيث يؤدي هذا التردد إلى تأين أحد نوعي اليورانيوم، ثم يوضع أنبوب جانبي متفرع من الأنبوب الرئيسي، ويوضع خارج الأنبوب الفرعي قطب كهربائي مخالف لشحنة أيون اليورانيوم، وهذا سيجعل النوع المتأين يندفع إلى الأنبوب الفرعي، بينما يستمر النوع الأخر في الأنبوب الرئيسي، وبهذا يفصل النوعين عن بعضهما، وهي أدق وأحدث طريقة لكن لا توجد عنها معلومات تفصيلية منشورة.

بعد تخصيب اليورانيوم برفع نسبة اليورانيوم $U235$ في الخليط من 0.7% إلى 4% على الأقل للمفاعلات الذرية و 15% على الأقل للقنابل الذرية، يتم تشكيل اليورانيوم على شكل أسطوانات صغيرة ، وتختلف كتلة اليورانيوم اللازمة للمفاعل باختلاف حجمه ونسبة التخصيب، فكلما زادت نسبة التخصيب قلت الكتلة المطلوبة، فعلى سبيل المثال الكتلة الحرجة للقنبلة النووية التي تحتوي يورانيوم بتخصيب 15% هي $600kg$ بينما نسبة التخصيب 95% تخفض الكتلة الحرجة إلى $20kg$ تقريبا.



شكل 23.14: المحطة النووي

23.2.2.3 المحطة النووية

محطة الطاقة النووية تتكون من مفاعل نووي أو أكثر، ويتم توليد الكهرباء فيها باستخدام الحرارة الناتجة من المادة المشعة داخل المفاعل، وفي الغالب تستخدم مادة اليورانيوم، تتكون المحطة النووية عادة من جزأين رئيسيين:

1- المفاعل النووي

وهو المبنى الذي يحتوي:

قلب المفاعل

وهو خزان يحتوي على مادة ناقلة للحرارة، مثل الماء الثقيل، أو الصوديوم أو .. ، وتوضع المادة المشعة في المفاعل على شكل أنابيب معدنية مصنوعة من مادة الزركونيوم[6]، ويملأ كل أنبوب باليورانيوم، ثم تدخل الأنابيب في قلب المفاعل، المفاعلات المتوسطة تحتوي 30 - 100 طن يورانيوم، وتستبدل خلال سنتين تقريبا، وهذا يتوقف على مستوى تخصيب اليورانيوم المستخدم، وعلى كثافة تشغيل المفاعل.

جهاز النقل الحراري

وهو جهاز مكون من خزان تخترقه أنابيب تنقل سائل قلب المفاعل في حركة ترديده، وتقوم هذه الأنابيب بتسخين المادة الموجودة في خزان النقل الحراري دون أن تلامسها (لمنع الإشعاع)، ثم يدفع السائل الساخن في الخزان إلى محطة توليد الكهرباء. وفائدة جهاز النقل الحراري هي نقل الحرارة من قلب المفاعل إلى محطة توليد الكهرباء بدون إشعاع.

2- محطة توليد الكهرباء

وتتكون من خزان ماء تخترقه أنابيب تحتوي على مادة ساخنة جدا، قادمة من المفاعل، وتعود إليه في حركة مستمرة، لجعل الماء في حالة غليان مستمر، ويخرج من هذه الخزان أنبوب يحمل البخار المضغوط إلى توربين مولد الكهرباء، فتتحرك زعانفه منتجة الكهرباء.

23.2.2.4 أنواع المفاعلات الذرية

لا يوجد تقسيم واحد لأنواع المفاعلات النووية، فالبعض يقسمها حسب الغرض منها، إلى مفاعلات أبحاث ومفاعلات إنتاج الطاقة، والبعض يصنفها حسب نوع المادة المبردة، مثل مفاعل الماء العادي، ومفاعل الماء الثقيل، ومفاعل الرصاص، ومفاعل الصوديوم، كما قد تصنف حسب الحجم إلى صغيرة ومتوسطة وكبيرة.

لكن الاتجاه الآن يميل لإنتاج قلوب مفاعل مصغرة تسمى بطاريات نووية، وتأتي جاهزة من المصنع وبعضها يكون صغير وبحجم الثلاجة مثل مفاعلات الرصاص، وتعمل على مبدأ ركب شغل وافصل ادفن.

23.2.2.5 النفايات النووية

للمواد المشعة أضرار خطيرة على الكائنات الحية، من الموت، إلى تشوه الأجنة، إلى الطفرات الجينية، لهذا يتم التعامل بحذر مع النفايات النووية (اليورانيوم المستهلك)، والمادة الأكثر ضررا في نفايات المفاعلات النووية هو السيزيوم 137 والذي يقوم بإصدار معظم الأشعة الضارة بكثافة عالية ولعشرات السنين حيث عمر النصف له 30 سنة. ويتم أولا إجراء بعض العمليات الكيميائية على النفايات النووية، لاستخلاص البلوتونيوم لإنتاج القنابل النووية، أو إعادة استخدامه كوقود نووي في المفاعل، ثم يتم خلط اليورانيوم المستهلك بالزجاج المنصهر، وصبه في قوالب معدنية أو إسمنتيه، بعدها توضع في موقع التخزين الذي يكون عادة تحت الأرض، ، ويستخدم جزء من النفايات لعلاج السرطان باستخدام التكنيشيوم $99M$ وعمر النصف له 6 ساعات والذي يصدر من تحلل الملوبيدنيوم $99M$ وعمر النصف له 3 أيام.

[6] لأنه لا ينصهر إلا عند 1855 درجة مئوية، ولا يتفاعل مع النيوترونات.

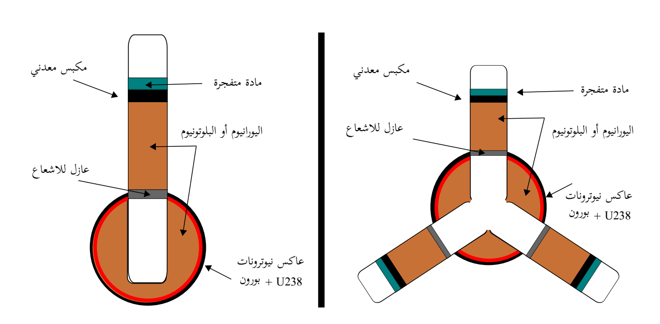
قنبلة اليورانيوم النووية

القنبلة النووية هي سلاح فتاك يعمل على إنتاج طاقة كبيرة جدا وفق قانون أينشتاين $E=mC^2$ ، وقد تم بناء أول قنبلة في الولايات المتحدة الأمريكية، وفجرت في صحراء نيومكسكو. ولكي ينفجر اليورانيوم يجب أن تتوفر فيه ثلاثة شروط:

1) الكتلة الحرجة: وتعني أن كتلة اليورانيوم يجب أن لا تقل عن كتلة معينة، يختلف مقدارها باختلاف درجة التخصيب، فمثلا يكفي $20Kg$ من اليورانيوم المخصب بدرجة 95% لتفجير القنبلة، بينما نحتاج إلى $600Kg$ تقريبا إذا كان التخصيب 15% فقط. كما أن الكتلة الحرجة تختلف باختلاف المادة المستخدمة، فالكتلة الحرجة للبلوتونيوم أقل من الكتلة الحرجة لليورانيوم.

2) الشكل الكروي: يجب أن تكون الكتلة الحرجة لليورانيوم في شكل كروي لكي يحدث الانفجار، لأن بعد الذرات عن المركز متساوي فيصلها عدد متساوي من النيوترونات التي تساعد على حدوث التفاعل المتسلسل.

3) كثافة التشكيل: لكي يحدث الانفجار يجب أن يكون اليورانيوم في شكل مضغوط (مكبوس) جيدا، ولا يكون على شكل مسحوق سائب.



شكل 23.15: نموذجان مبسطان للقنبلة النووية

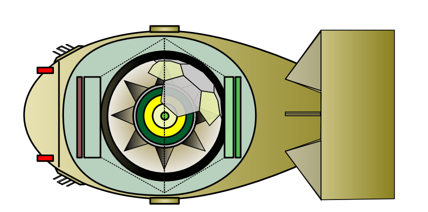
لنفرض أن لدينا $25Kg$ من اليورانيوم المخصب 95% ، ونرغب بإنتاج قنبلة نووية، إننا إن وضعنا الكمية ككتلة واحدة ستنفجر فورا داخل المصنع، لأن كتلة هذه الكمية أكبر من الكتلة الحرجة، ولهذا نقسم الكمية إلى جزأين، بشرط أن تكون كتلة أي منهما أقل من الكتلة الحرجة وهي $20Kg$. مثلا القطعة الأولى $15Kg$ والثانية $10Kg$ ، لكن لا يمكن أن نجعلها $20Kg$ و $5Kg$ لماذا ؟!، بعد ذلك نضع مادة متفجرة خلف الكتلة الصغيرة لكي تدفعها باتجاه الكتلة الكبيرة، فيلصقان ويبدأ التفاعل المتسلسل وتنفجر القنبلة.

مثال آخر، لنفرض أن لدينا $64Kg$ من نفس اليورانيوم السابق، فإننا سنلاحظ أننا لا يمكن أن نجزئه إلى قسمين فقط، لأن احدهما على الأقل سيكون أكبر من الكتلة الحرجة، ولا يمكن قسمته إلى ثلاثة أقسام أيضا لنفس السبب، ولهذا سنقسمه إلى 4 قطع، بشرط أن لا تكون كتلة أي منها $20Kg$ أو أكبر، مثل أن يكون في الوسط $19Kg$ و البقية $15Kg$ ، $15Kg$ ، $15Kg$.

وكلما زادت كتلة القنبلة زاد عدد التجزيء، إذا كان لدينا $100Kg$ من نفس اليورانيوم السابق، إلى كم قطعة يجب أن نجزأها ؟!

قنبلة البلوتونيوم النووية

قنبلة البلوتونيوم هي قنبلة نووية انشطارية تتميز بصغر كتلة الوقود النووي المستخدم فيها، لكنها تختلف عن قنبلة اليورانيوم في آلية التفجير، حيث أن طريقة التفجير المشروحة في الأعلى والمستخدمة مع اليورانيوم لا تفيد مع البلوتونيوم، لأن البلوتونيوم سيشتعل فقط ويصهر القنبلة دون أن تنفجر، والطريقة الصحيحة لتفجير قنبلة البلوتونيوم تسمى بالتفجير الداخلي لأنها تعتمد على وضع البلوتونيوم في مركز القنبلة ثم إحاطته بالمتفجرات من كل الجهات، ثم نفجر المواد المتفجرة بشكل متزامن لإحداث ضغط هائل على البلوتونيوم، عندها سينفجر البلوتونيوم.



شكل 23.16: قنبلة البلوتونيوم

23.2.3 الاندماج النووي

هو رد فعل يحدث عندما تقترب ذرتين أو أكثر من بعضهما بدرجة كافية لإنتاج ذرة جديدة أو أكثر مع بعض الجسيمات، والفرق بين كتلتي المتفاعلات والنواتج يصدر على شكل طاقة كبيرة. ولكي نقوم بعملية الدمج فإننا يجب أن نوفر الطاقة اللازمة لتكوين روابط القوة النووية القوية بين نيوكلونات النواة، ولهذا لا تحدث عملية الاندماج إلا في درجة حرارة عالية جدا $10^7 - 10^8 K$ ويتم الحصول عليها بقنبلة انشطارية أو الليزر أو الانضغاط السريع. وإذا بحثنا في الجدول الدوري عن النواة التي تملك أقل عدد من النيوكلونات وبالتالي أقل تنافر مع الأنوية الأخرى، فإننا لن نجد أصغر من الهيدروجين، ولهذا يستخدم في عمليات الاندماج النووي. ويحدث الاندماج النووي بشكل مستمر على سطح الشمس.

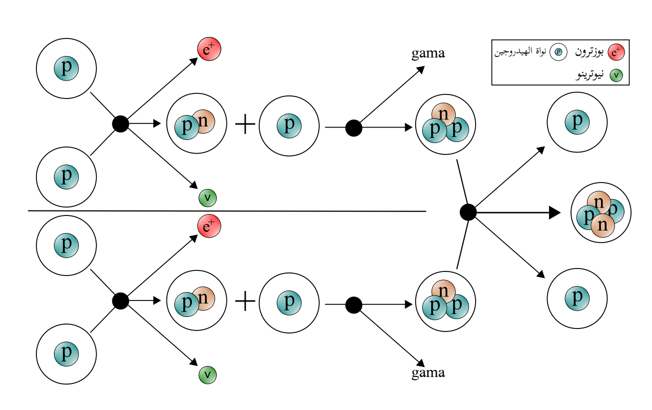
ت	المتفاعلات	الطاقة الناتجة
1	$D_1^2 +$ T_1^3	$17 MeV$
2	$D_1^2 +$ D_1^2	$12.5 MeV$
3	$D_1^2 +$ He_2^3	$18.3 MeV$
4	$B_5^{11} +$ p^+	$8.7 MeV$

جدول 23.4: من أفضل خيارات الاندماج

$$H_1^1 + H_1^1 \rightarrow H_1^2 + e^+ + \nu$$

$$H_1^1 + H_1^2 \rightarrow H_2^3 + \gamma$$

$$H_2^3 + H_2^3 \rightarrow H_2^4 + 2H_1^1 + 24.9 Mev$$



شكل 23.17: الاندماج النووي

ولا يستخدم الهيدروجين العادي عادة في الاندماجات النووية، وإنما نظائره الديتيريوم D_1^2 والتريتيوم T_1^3 معطيا طاقة تتغير بتغير المتفاعلات، وأهم التفاعلات الاندماجية هي الموضحة في الجدول في الهامش مع الطاقة الناتجة عنها.

ويستخدم الليثيوم أيضا في الاندماج النووي بقذفه ببروتون مسرّع حسب المعادلة: $Li_3^7 + H_1^1 \longrightarrow 2He_2^4 + 17.3 MeV$

نشأة العناصر ؟

نتيجة لتفاعلات الاندماج النووي على النجوم العملاقة يتحول الهيدروجين إلى هيليوم، وعند استهلاك معظم الهيدروجين تبدأ درجة حرارة النجم بالانخفاض، وهذا يقلص قلبه المكون من الهيليوم، مما يولد ضغط هائل يرفع درجة حرارة مركزه إلى 100 مليون كالفن فينتج البريليوم:

$$He_2^4 + He_2^4 \longrightarrow Be_4^8$$

ثم يتحول البريليوم إلى كربون:

$$Be_4^8 + He_2^4 \longrightarrow C_6^{12} + \gamma$$

ثم يتحول الكربون إلى أكسجين:

$$C_6^{12} + He_2^4 \longrightarrow O_8^{16} + \gamma$$

والأكسجين يتحول إلى نيتروجين:

$$O_8^{16} + He_2^4 \longrightarrow Ne_{10}^{20} + \gamma$$

وتستمر العملية لإنتاج العناصر الكيميائية، ويعتقد أن جميع العناصر الموجودة على سطح الأرض قد تكونت بنفس الطريقة.

23.2.4 مسرعات الجسيمات

مسرع الجسيمات الخطي

هو جهاز مكون من أنابيب متصلة بشكل مستقيم ويفصل بينها فواصل ذات قطبية كهربائية، ويزداد طول هذه الفواصل كلما اقتربنا من الهدف. وقد يصل طول الأنابيب إلى عدة كيلومترات، ويتميز بقدرته على إكساب الجسيمات المسرّعة طاقة عالية جدا، إلا أنه يستهلك كمية كبيرة من الطاقة، وإذا لم تصنع أنابيبه من مواد فائقة التوصيل فإن درجة حرارتها سترتفع بشكل كبير.

شكل 23.18: مسرع الجسيمات الخطي

السنكروترون

هو جهاز مكون من أنابيب متصلة بشكل دائري ويفصل بينها فواصل ذات مجالات مغناطيسية، تعمل على زيادة سرعة الجسيم المستهدف، ويتميز بأنه يحتاج إلى مساحة أرض أصغر، لكن يعيبه أنه لا يستطيع الوصول للسرعات التي تصل له مسرعات الجسيمات الخطية الكبيرة بسبب المدار الدائري، حيث يتسبب القصور الذاتي في تناثر كمية من الجسيمات إلى الخارج.[7]

مثال 23.2.153 السؤال

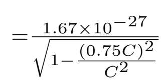
احسب نصف القطر الأدنى لسنكروترون لكي يستطيع تسريع بروتون إلى $0.75C$ ، حيث شدة مجاله $1Tesla$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v=0.75C$، $B=1T$ ، $m=1.67\times10^{-27}Kg$

التطبيق:

(الكتلة النسبية) $m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$



$$=\frac{1.67\times10^{-27}}{\sqrt{1-\frac{(0.75C)^2}{C^2}}}$$

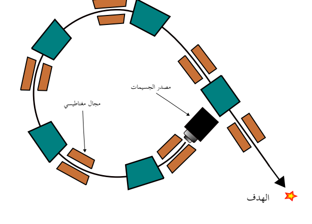
$$=2.52\times10^{-27}kg$$

$$\because \frac{mv^2}{r}=Bqv\Rightarrow r=\frac{mv}{Bq}$$

$$=\frac{2.52\times10^{-27}\times(0.75\times3\times10^8)}{1\times1.6\times10^{-19}}$$

$$=3.55m$$

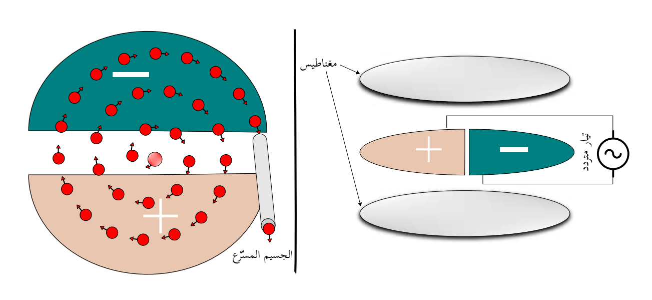
النتيجة: نصف القطر اللازم للوصول لسرعة $0.75C$ يساوي 355 متر.



شكل 23.19: السنكروترون

السيكلترون

هو جهاز مكون من نصفي دائرة متقابلين ويفصل بينهما مسافة صغيرة، ويوصلان بقطبي تيار متردد، ويوضعان بين مجالين مغناطيسيان يمنعان الجسيم من الهرب، بحيث يتحرك الجسم في مدار دائري فوق نصفي الدائرة كما في الرسم. ويتميز السيكلترون بصغر حجمه، وانخفاض تكلفته، لذا يمكن للجامعات الحصول عليه بسهولة أكبر من المسرع الخطي والسنكروترون، كما أن حجمه صغير فيمكن وضعه داخل أحد المختبرات.



شكل 23.20: السيكلترون

فكرة عمله

[7] يوجد واحد في الأردن بشراكة دول منها مصر والصين ويفتتح قبل 2020م.

لنفرض أننا نريد تسريع بروتون موجب، نظرا لأن التيار الكهربائي المستخدم هو تيار متردد لذا فإن قطبية نصفي الدائرة تتغير باستمرار، وطبعا البروتون الموجب سينجذب للقطب السالب، فينجذب لنصف الدائرة الأول السالب لكن بمجرد وصوله إليه يكون قد تحول لموجب (لأن التيار متردد)، فينحرف مبتعدا، ويتجه لنصف الدائرة الثاني السالب لكن بمجرد وصوله إليه يكون قد تحول لموجب (لأن التيار متردد)، ويستمر البروتون يدور، كلما وصل للقطب السالب يفاجأ بتحوله لقطب موجب، فيعود أدراجه، ويستمر البروتون يدور ويدور إلى أن يصل لمحيط الدائرة ويخرج من المنفذ، بعد أن اكتسب السرعة المطلوبة.

23.3 التدريبات

1- توضع المادة المشعة داخل المفاعل في أنابيب مصنوعة من:

ا) الحديد   ج) النحاس

ب) الزركونيوم ✓   د) الفضة

2- المادة المشعة الأكثر استخداما في المفاعلات الذرية:

ا) الفرانشيوم   ج) البلوتونيوم

ب) الراديوم   د) اليورانيوم ✓

3- اليورانيوم المستخرج من الأرض يحتوي على $U235$ بنسبة أكبر من $U238$:

ا) صح   ب) خطأ ✓

4- إن معدل تدفق الغازات من غشاء مسامي يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي للكتلة المولية للغازات :

ا) صح   ب) خطأ ✓

5- احسب كمية اليورانيوم $U235$ التي يستهلكها مفاعل ذري قدرته 500×10^6W وكفاءته 25% ؟

الحل

تعيين المعطيات: $E_{U235}=200MeV$

التطبيق: طاقة انشطار ذرة $U235$ بالجول

$$E=200\times10^6eV\times1.6\times10^{-19}$$

$$=32\times10^{-12}J$$

طاقة الخرج 25%

$$=32\times10^{-12}\times0.25=8\times10^{-12}J$$

عدد الانشطارات (الأنوية) المطلوبة في الثانية واليوم (اليوم 86400 ثانية)

$$=\frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الخرج}}$$

$$=\frac{500\times10^6}{8\times10^{-12}}=62.5\times10^{18}/s$$

$$=62.5\times10^{18}\times86400$$

$$=54\times10^{23}/day$$

كتلة اليورانيوم المستهلكة في اليوم

$$=\frac{\text{عدد الانشطارات}}{\text{عدد أفوغادرو}}\times\text{عدد الكتلة}$$

$$=\frac{54\times10^{23}}{6.02\times10^{26}}\times235$$

$$=39.03\times10^{-3}Kg$$

كتلة اليورانيوم المستهلكة منخفضة لأننا أفترضنا كفاءة تشغيل عالية.

6- تحول اليورانيوم U_{92}^{238} إلى ثوريوم Th_{90}^{234} يصاحبه انبعاث جسيمات :

ا) ألفا ✓   ج) جاما

ب) بيتا   د) أشعة فوق بنفسجية

7- النظائر هي ذرات عنصر واحد ومتشابهه في :

ا) عدد الإلكترونات ✓   النيوترونات

ب) عدد   ج) عدد الكتلة

د) حجم الذرة

8- ما مقدار (Z,A) التي تجعل المعادلة $U_{92}^{238}\rightarrow\alpha+Y_Z^A$ صحيحة :

ا) $Z=90,A=234$ ✓   ج) $Z=92,A=238$

ب) $Z=90,A=238$ د) $Z=92,A=234$

9- عدد انحلالات الجسم المشع كل ثانية يسمى :

ا) النشاط الإشعاعي ✓   ج) الاندماج النووي

ب) الانشطار النووي   د) التفاعل الكيميائي

10- الطاقة النووية اللازمة لاضمحلال نصف كتلة العنصر المشع تسمى ؟

ا) نصف العمر   الإشعاع

ب) عمر الحياة   د) عمر النصف ✓

ج) نصف

11- الطاقة النووية على سطح الشمس ؟

ا) اندماجية ✓   ج) تفاعلية

ب) انشطارية   د) انعكاسية

12- في التفاعلات النووية الذي يختلف ؟

ا) العدد الكتلي ✓

ج) كمية الحرارة

ب) الطاقة

د) مقدار الكتلة

13- احسب نصف قطر أكبر ذرة في الجدول الدوري $Unknown_{120}^{320}$؟

الحل

تعيين المعطيات: $r_0=1.2\times10^{-15}$ ، $A=320$

التطبيق:

$$r=r_0A^{\frac{1}{3}}$$

$$=1.2\times10^{-15}\times\sqrt[3]{320}$$

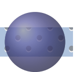
$$=8.2\times10^{-15}m$$

24

فيزياء الفضاء

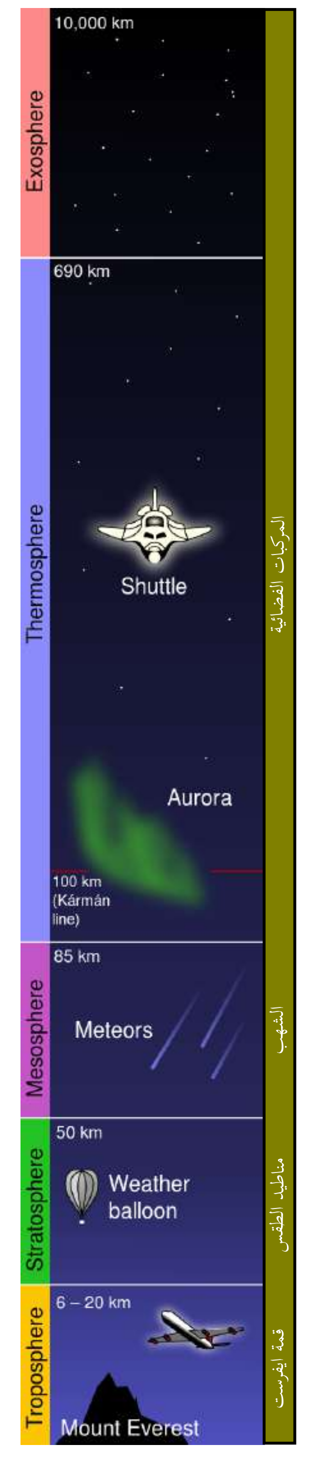


- الغلاف الجوي
- الصواريخ الفضائية
- الأقمار الصناعية



مقدمة

24.1 الغلاف الجوي



شكل 24.1: الغلاف الجوي للأرض.[6]

الغلاف الجوي للأرض هو خليط من الغازات تحيط بالكرة الأرضية وتبقى حولها بفعل الجاذبية الأرضية. علما أن نهاية الغلاف الجوي حسب علم الطيران تكون عند خط كارمان على ارتفاع 100 كم عن سطح البحر، لكن الحد السياسي لكل دولة يقع على ارتفاع 123 كيلومتر حسب أنظمة الأمم المتحدة.

شكل 24.2: بداية الفضاء

24.1.1 طبقة التروبوسفير

هي طبقة الغلاف الجوي الأقرب إلى الأرض، وتحتوي معظم الغازات، وأهمها الأكسجين اللازم للتنفس والنيتروجين اللازم للأسمدة النباتية، وبها كل التضاريس الأرضية، وكل الكائنات الحية. وتتميز بأن درجة الحرارة فيها مناسبة لعيش الكائنات الحية، وهي محمية من معظم الأشعة فوق البنفسجية الضارة والأشعة الكونية عن طريق السحب والغازات التي تمتصها.

24.1.2 طبقة الستراتوسفير

هي طبقة الغلاف الجوي الثانية، وتحتوي في معظمها غاز الأوزون O_3 الذي يحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية، ونظرا لعدم وجود الغازات تقريبا فإننا نجد أن الرياح والتقلبات الجوية غير موجودة فيه.

24.1.3 طبقة الميزوسفير

هي طبقة الغلاف الجوي الثالثة، وتتميز ببرودتها حيث تصل درجة حرارة الطبقة العليا منها إلى $100^{\circ}C$ ، وهي الطبقة التي تحترق فيها الشهب وتتوهج النيازك[1].

24.1.4 طبقة الثيرموسفير

هي طبقة الغلاف الجوي الرابعة، وسميت بالطبقة الحرارية نظرا لارتفاع درجة حرارة الطبقة العليا فيها حيث تصل $300^{\circ}C$ وقد تزيد، وتوجد بها محطة الفضاء الدولية والأقمار الصناعية.

24.1.5 طبقة الإكسوسفير

هي طبقة الغلاف الجوي الخارجية وتنتهي عند $64400Km$ عن سطح البحر، ولا يوجد بها غازات تقريبا.

24.2 الصواريخ الفضائية

أثناء الحرب العالمية الثانية قامت ألمانيا بصناعة الصواريخ الكبيرة، ونجحت في صنع صواريخ تصل إلى مدينة لندن، وكان درة هذه الصواريخ نموذج V_2 ، والذي بنيت علي أساسه كل الصواريخ في أمريكا والاتحاد السوفيتي وبقية دول العالم، حيث استولوا على ما تبقى منها بعد هزيمة ألمانيا، واختطفوا العلماء المطورين لها.

تركيب الصاروخ الفضائي



شكل 24.3: الصاروخ الفضائي

يتكون الصاروخ الفضائي من ثلاثة أجزاء رئيسية:

[1] الفرق بين الشهاب والنيزك، أن النيزك يصل للأرض أما الشهاب يتبخر قبل وصوله للأرض.

1) الجزء العلوي ويحتوي الحمولة مثل القمار الصناعية وقطع الغيار والمواد التموينية للمحطات الفضائية.

2) الجزء الأوسط ويحتوي خزانات الوقود والأكسجين وأجهزة التحكم الإلكترونية.

3) الجزء السفلي ويحتوي المحرك.

سرعة الإفلات اللازمة للخروج من مجال الجاذبية الأرضية والوصول لفضاء تساوي $11.2Km/s$!

مثال 24.2.154 السؤال

احسب سرعة الإفلات اللازمة للخروج من مجال الجاذبية الأرضية والوصول لفضاء ؟

الحل

تعيين المعطيات: $R{=}6.37{\times}10^{6}m$ ، $G{=}6.67{\times}10^{-11}$ ، $m{=}5.98{\times}10^{24}Kg$

التطبيق:

(سرعة الافلات) $v=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$

$$=\sqrt{\frac{2\times6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}{6.37\times10^{6}}}$$

$$=11190m/s=11.19Km/s$$

النتيجة: سرعة الإفلات اللازمة للخروج من مجال الجاذبية الأرضية $11.19Km/s$.

شكل 24.4: الصاروخ الفضائي الحامل للأقمار الصناعية.[6]

ويجب أن يصل الصاروخ لارتفاع $10Km$ بعد زمن $40s$ أو أقل من لحظة إقلاعه، وتكون سرعته عندها $2{-}2.5Km/s$ على الأقل، ويحتاج كل $1Kg$ من وزن الصاروخ إلى طاقة رفع لا تقل عن $62{\times}10^{6}J$ لكي يصل للفضاء.

مثال 24.2.155 السؤال

احسب الطاقة اللازمة لرفع $1Kg$ من المادة إلى الفضاء ؟

الحل

تعيين المعطيات: $v{=}11200m/s$ ، $m{=}1Kg$

التطبيق:

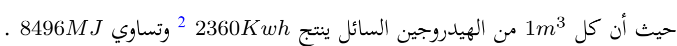
$$KE{=}\frac{mv^{2}}{2}$$

$$=\frac{1\times(11200)^{2}}{2}{=}62{\times}10^{6}J$$

النتيجة: الطاقة اللازمة لرفع $1Kg$ إلى الفضاء تساوي $62{\times}10^{6}$ جول.

⋆ ومضة

الطاقة $2360Kwh$ تعادل الطاقة الكهربائية المستهلكة في منزل متوسط لشهر كامل.



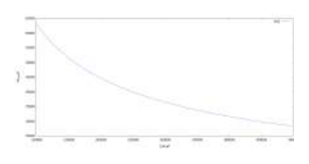
حيث أن كل $1m^{3}$ من الهيدروجين السائل ينتج $2360Kwh$ [2] وتساوي $8496MJ$.
وعند هبوط الصاروخ من الفضاء تبدأ درجة حرارته بالارتفاع نتيجة للاحتكاك بالغلاف الجوي، وتصل درجة الحرارة إلى مرحلة التوهج »منطقة التسخين« عندما تكون سرعة الصاروخ أو المركبة الفضائية بين 25–10 ماخ.

24.3 الأقمار الصناعية

هي مركبات ترسل للفضاء لأداء وظيفة معينة.
وتدور الأقمار الصناعية حول الأرض في نوعين من المدارات:

1) مدار دائري

2) مدار إهليجي



شكل 24.5: المسار الدائري للقمر الصناعي

ويتم حساب سرعة القمر الصناعي والزمن الدوري في المدار الدائري بالقانونين التاليين:

$$v=\sqrt{\frac{GM_e}{r}} \qquad (24.1)$$

$$P=2\pi\sqrt{\frac{r^{3}}{GM_e}} \qquad (24.2)$$

[2] تعادل استهلاك الكهرباء في منزل متوسط الحجم لمدة شهر كامل.

حيث G ثابت الجذب العام و M_e كتلة الأرض و r بعد القمر عن مركز الأرض، و P الزمن الدوري للقمر.

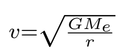
مثال 24.3.156 السؤال

كم سرعة القمر الصناعي اللازمة لبقاءه مستقر في مدار دائري يبعد $350Km$ عن سطح الأرض ؟

الحل

تعيين المعطيات: $M_e=5.98\times10^{24}m$ ، $r=350\times10^3+6.38\times10^6$ ، $t=2s$

التطبيق:

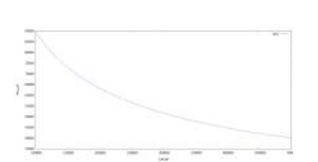


$v=\sqrt{\frac{GM_e}{r}}$

$=\sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times5.98\times10^{24}}{67.3\times10^5}}$

$v=7698.49m/s$

النتيجة: سرعة القمر الصناعي عند ارتفاع $350Km$ يجب أن تكون 7698.49 متر/ثانية.

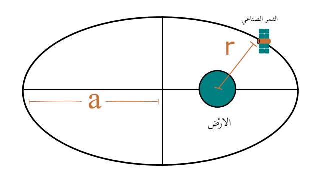


شكل 24.6: المسار الإهليجي للقمر الصناعي

أما سرعة القمر وزمنه الدوري في المدار الإهليجي فيحسبان بالقانونين التاليين:

$$v=\sqrt{GM_e(\frac{2}{r}-\frac{1}{a})} \quad (24.3)$$

$$P=2\pi\sqrt{\frac{a^3}{GM_e}} \quad (24.4)$$



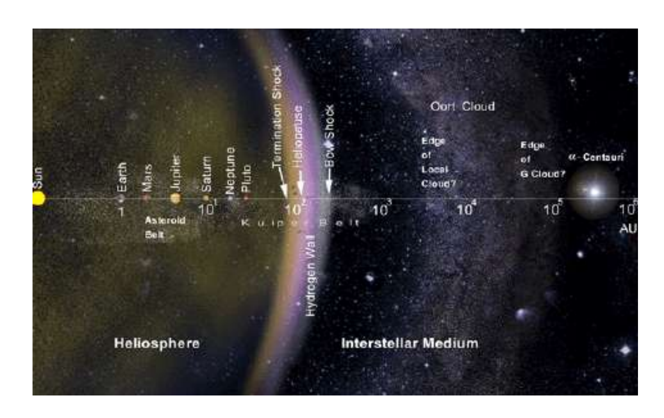
شكل 24.7: الحركة الإهليجية للقمر الصناعي

وكلما بعد القمر الصناعي عن مركز الأرض تقل سرعته، وفي الأقمار الصناعية التي تدور في مدار إهليجي حين يقترب القمر الصناعي من الأرض تزيد سرعته وإذا أبتعد عنها تقل سرعته لضعف الجاذبية، للتغلب على قوة جذب الأرض، ونقصان السرعة يؤدي إلى سقوط القمر الصناعي إلى الأرض أما زيادتها فتؤدي لتحول حركته إلى حركة إهليجية، وإذا زادت عن حد معين يفلت القمر الصناعي من جاذبية الأرض وينطلق في الفضاء.

P	v	الإرتفاع
$88.3min$	$7.8Km/s$	$200Km$
$104.9min$	$7.4Km/s$	$1000Km$
$347.4min$	$4.9Km/s$	$10000Km$

جدول 24.1: السرعة والزمن الدوري لقمر صناعي في مدار دائري

هل نستطيع إرسال قمر صناعي لخارج المجموعة الشمسية ؟



شكل 24.8: جدار الهيدروجين الذي يحيط بالمجموعة الشمسية[7]

تقاس المسافات في الفضاء بوحدة السنة الضوئية، لكن هناك وحدة أخرى هي AU الوحدة الفلكية، وتساوي المسافة بين الأرض والشمس $150M\ Km$ ، على بعد $140AU$ من الشمس تقريبا، يوجد جدار الهيدروجين (بعد بلوتو) وهو حلقة إهليجية تحيط بالمجموعة الشمسية، وبجواره من الداخل توجد منطقة »صدمة الفناء« (صعقة النهاية) وتدمر أي شيء يحاول عبورها، ويقابلها من الجهة الخارجية لجدار الهيدروجين[3]، منطقة »الصدمة القوسية« التي تحمي المجموعة الشمسية من الأجرام التي تحاول الدخول إليها. وتسمى المنطقة داخل فقاعة جدار الهيدروجين بغلاف الشمس البادئة $Heliosphere$ وهي منطقة تأثير الرياح الشمسية وأشعتها فوق البنفسجية، أما المنطقة خارج الفقاعة فهي بحر من البلازما (غاز متأين) والنجوم.

ولهذا فإنه من شبه المستحيل القدرة على الخروج من المجموعة الشمسية في الوقت الحاضر على الأقل.

24.4 التدريبات

1- يبلغ ارتفاع طبقة التروبوسفير:

ا) $5Km$ ج) $15Km$

ب) $10Km$ ✓ د) $20Km$

2- كم كمية الطاقة اللازمة لإيصال صاروخ إلى الفضاء، حيث وزنه مع الحمولة $25tonnes$ ؟

الحل

تعيين المعطيات: $m{=}25{\times}10^3Kg$

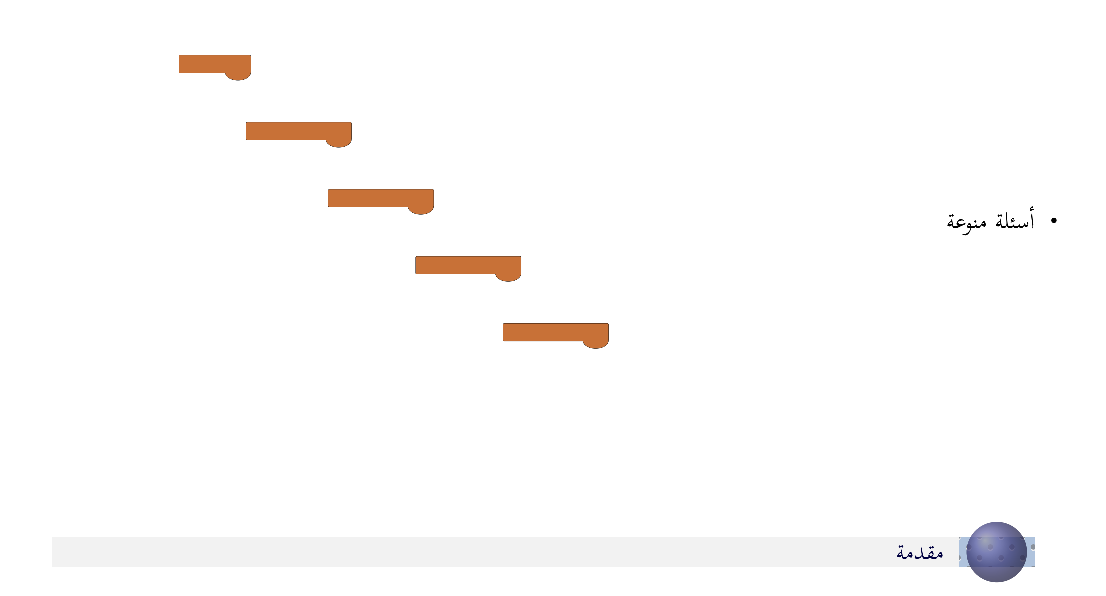
التطبيق:

$$KE{=}\frac{mv^2}{2}{=}\frac{25{\times}10^3{\times}(11200)^2}{2}$$

$$={1.568}{\times}10^{12}J$$

25

تحصيلي الفيزياء



مقدمة

تم إضافة أسئلة التحصيلي إلى أسئلة التدريبات في نهاية كل فصل، والأسئلة التي لا دروس لها في هذا الكتاب أو تشبه أسئلة أخرى يتم إضافتها هنا.

1- قام عالم بمراقبة خفاش، وبعد تفكير طويل، اكتشف أن الخفاش من الثدييات، يسمى العمل الذي قام به :

ا) فرضية
ب) استنتاج ✓
ج) تنبؤ
د) نظرية

2- عملية شحن الجسم دون ملامسته :

ا) حث ✓
ب) توصيل
ج) دلك
د) تأريض

3- احسب طاقة فوتون تردده $1\times10^{15}Hz$ حيث ثابت بلانك $6.36\times10^{-34}J/Hz$:

ا) 6.36×10^{-49}
ب) 6.36×10^{-19} ✓
ج) 0.15×10^{-49}
د) 7.36×10^{-19}

4- اشترى طفل لعبة، وعند تحريكها تولدت طاقة كهربائية، هذا يشبه :

ا) المولد الكهربائي ✓
ب) المحرك الكهربائي
ج) المغناطيس الكهربائي
د) المصباح الكهربائي

5- من هو مكتشف الأشعة السينية :

ا) رونتجن ✓
ب) سين
ج) رذرفورد
د) بور

6- من هو مكتشف الحث الكهرومغناطيسي :

ا) فاراداي ✓
ب) رونتجن
ج) رذرفورد
د) بور

7- إن طاقة اهتزاز الذرات مكماة، لذا فإن أحد القيم التالية خاطيء ؟

ا) $1.5hv$ ✓
ب) $2hv$
ج) $3hv$
د) $4hv$

8- لدينا نوعين من الترانزستور a به فجوة، و b ليس به فجوة ؟

ا) aشبه موصل و bموصل ✓
ب) a موصل و bموصل
ج) aشبه موصل و bشبه موصل
د) a موصل و bشبه موصل

9- سار شخص مسافة $3m$ شرقا ثم قطع مسافة $4m$ شمالا، احسب الإزاحة الكلية له ؟

ا) $5m$ ✓
ب) $7m$
ج) $12m$
د) $1m$

10- فسر اينشتاين التأثير الكهروضوئي بأن الضوء عبارة عن حزمة من :

ا) الفوتونات ✓
ب) الإلكترونات
ج) البروتونات
د) النيوترونات

11- اضمحلال غاما يؤدي إلى :

ا) إعادة ترتيب وتوزيع الطاقة في النواة ✓
ب) تحرر الإلكترونات
ج) تحرر البروتونات
د) تحرر النيوترونات

12- التفسير العلمي لظاهرة طبيعية بناء على مشاهدات واستقصاءات مع مرور الزمن يسمى :

ا) النظرية العلمية ✓
العلمي
ب) الافتراض
ج) القانون العلمي
د) الرؤية العلمية

13- العالم الذي يخالف النظرية الكهرومغناطيسية :

ا) بور ✓
ب) تومسون
ج) رذرفورد
د) اينشتاين

14- حين نمشي على سجادة، نسمع فرقعة ناتجة عن الشحن :

ا) بالدلك ✓
ب) بالحث
ج) بالتوصيل
د) بالبطارية

15- إذا تحول البروتون إلى نيوترون فإنه ينتج أيضا :

ا) بوزترون ✓
ب) باراتون
ج) كوارك
د) بروتون

16- يتحرك إلكترون على مجال مغناطيسي شدته $0.4T$ بسرعة $5\times10^{6}m/s$ ، فإذا كانت شحنة الإلكترون $1.6\times10^{-19}C$ ، احسب القوة المؤثرة على الإلكترون :

ا) $2\times10^{-19}N$
ج) $7\times10^{-13}N$
ب) $3.2\times10^{-13}N$ ✓
د) $4.7\times10^{-11}N$

17- أي العلاقات التالية تكافيء العلاقة $T=\frac{v.s}{m^2}$:

ا) $m=\sqrt{\frac{v.s}{T}}$ ✓
ج) $v=s.T.m^2$
ب) $m=\sqrt{\frac{T}{v.s}}$
د) $v.s=\frac{T}{m^2}$

18- سقط فوتون تردده $108\times10^{14}Hz$ على سطح تردد العتبة لمادته $8\times10^{4}Hz$ ، كم ستكون طاقة الإلكترون المتحرر ؟

ا) $6.626\times10^{-18}J$ ✓
ج) $864\times10^{-18}J$
ب) $116\times10^{-18}J$
د) $13.5\times10^{-18}J$

19- أي الوحدات التالية هي وحدة لكمية فيزيائية قياسية ؟

ا) الأمبير ✓
ج) الأوم
ب) الفولت
د) التسلا

20- إذا كانت كتلة مادة مشعة $12grams$ وكان عمر النصف لها $4days$ ، احسب كتلتها يوم السبت بعد القادم، إذا كان اليوم هو الجمعة ؟

ا) $3grams$ ✓
ج) $2grams$
ب) $6grams$
د) $4grams$

21- الأشعة السينية هي موجات ؟

ا) ترددها عال وطولها الموجي صغير ✓
ج) ترددها منخفض وطولها الموجي صغير
ب) ترددها عال وطولها الموجي كبير
د) ترددها منخفض وطولها الموجي كبير

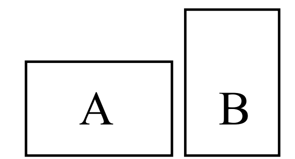
22- انتقال الحرارة في الفضاء يسمى ؟

ا) إشعاع ✓
ج) حمل
ب) توصيل
د) رفع

23- إمكانية تحرير إلكترونات معدن ما بواسطة شعاع ضوئي مناسب يسمى ؟

ا) التأثير الكهروضوئي ✓
ج) تأثير دوبلير
ب) التأثير الكهروستاتيكي
د) الانشطار النووي

24- أي الصندوقين المتساويين في الكتلة والحجم، له قوة احتكاك سكوني أكثر على الأرض ؟



ا) كلاهما يساويان الصفر ✓
ج) الصندوق B
ب) الصندوق A
د) كلاهما يساويان أكبر من صفر

25- حسب قانون كبلر: تسير الكواكب في مدارات .... حول الشمس ؟

ا) اهليجية ✓
ج) مستقيمة
ب) دائرية
د) متقاطعة

26- جسم كتلته على سطح الأرض $10Kg$ ، كم كتلته إذا وضعناه على سطح القمر ؟

ا) $10Kg$ ✓
ج) $90Kg$
ب) $98Kg$
د) صفر

27- الكميات التالية كميات قياسية ما عدا ؟

ا) القوة ✓
ج) المسافة
ب) الزمن
د) شدة التيار

28- نتأكد من صحة الفرضية عن طريق ؟

ا) الاستنتاج
ج) التجريب ✓
ب) التحليل
د) السؤال

29- تمثيل حركة الجسم بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة ؟

ا) الجسيم الخطي
ج) الجسيم الحلزوني
ب) الجسيم النقطي ✓
د) الجسيم القصي

30- أي العمليات التالية تعتبر عملية فيزيائية ؟

ا) توصيل النحاس للكهرباء ✓
ب) صدأ الحديد
ج) احتراق الورق
د) نمو الشجرة

31- إذا تحركت الموجات بالسرعة نفسها فإن معدل نقلها للطاقة يتناسب طرديا مع ..... ؟

ا) مربع سرعتها
ج) طولها الموجي
د) مربع سعتها ✓
ب) سرعتها

32- المقصود بأن طاقة الذرة مكماة، أنها تأخذ قيم .... ؟

ا) صحيحة ✓
ج) نسبية
ب) طبيعية
د) صغيرة

33- يرمز للنظام الدولي للوحدات بالرمز ؟

ا) SI ✓
ج) MI
ب) Tr
د) GI

34- أي الوحدات التالية وحدة لكمية أساسية في النظام العالمي ؟

ا) الأمبير A ✓
ج) الفولت V
ب) التسلا T
د) الأوم Ω

35- إحدى الوحدات التالية تعد مشتقة ؟

ا) m/s ✓
ج) m
ب) Kg
د) s

36- المسافة بين مدينتي جدة والطائف $180Km$ ، تكون المسافة بالأمتار ؟

ا) 18×10^4m ✓
$10^{-3}m$
ج) $1800m$
ب) $180\times$
د) 180×10^6m

37- كم Hz في $0.6MHz$ ؟

ا) 6×10^5Hz ✓
ج) 6×10^6Hz
ب) 6×10^7Hz
د) 0.6×10^5Hz

38- أي القيم التالية تساوي $86.2cm$ ؟

ا) $8.62\times10^{-4}Km$ ✓
ج) $862dm$
ب) $8.62m$
د) $0.862mm$

39- علم يدرس الطاقة والمادة والعلاقة بينهما ؟

ا) الفيزياء ✓
ج) الأحياء
ب) الكيمياء
د) الرياضيات

40- مقارنة كمية مجهولة بأخرى معيارية ؟

ا) القياس ✓
ج) الدقة
د) الطريقة العلمية
ب) الضبط

41- طريقة قراءة التدريج تكون بالنظر إليه ؟

ا) عموديا وبعين واحدة ✓
ج) عموديا وبكلتا العينين
ب) مائلا وبعين واحدة
د) مائلا وبكلتا العينين

42- دقة قياس الأداة تساوي ؟

ا) نصف قيمة اصغر تدريج ✓
ج) نصف قيمة أكبر تدريج
ب) ربع قيمة اصغر تدريج
د) ربع قيمة أكبر تدريج

43- علم يدرس الطاقة والمادة والعلاقة بينهما ؟

ا) الفيزياء ✓
ج) الأحياء
ب) الكيمياء
د) الرياضيات

44- إذا كانت طاقة الوضع لجسم $100J$ عندما كان على ارتفاع $10m$ ، فما مقدار طاقته الحركية عندما يسقط إلى ارتفاع $5m$ عن الأرض ؟

ا) $50J$ ✓
ج) $9.8J$
ب) $5J$
د) $15J$

45- أكبر الإشعاعات التي لديها قدرة على النفاذ ؟

ا) غاما ✓
ج) ألفا
ب) بيتا
د) تحت الحمراء

46- علم يدرس الطاقة وتحولاتها في الكون :

ا) الديناميكا الحرارية ✓

ب) الميكانيكا

ج) الكهروستاتيكا

د) الميكانيكا الحرارية

47- إذا كانت طاقة الفوتون الساقط على سطح فلزي $5.5eV$ وكان اقتران الشغل للفلز $4.5eV$ ، فإن طاقة الإلكترون المتحرر تساوي ؟ $E_{out}=E_{in}-E_{pairing}$

ا) $1eV$ ✓

ب) $10eV$

ج) $1.22eV$

د) $24.75eV$

48- نموذج الجسم الأسود الذي استخدمه بلانك كان على شكل :

ا) متوازي مستطيلات ✓

ب) هرم

ج) كرة

د) أنبوب

49- تخمين علمي يمكن أن يكون صائبا أو خاطئا ؟

ا) الفرضية ✓

ب) النظرية

ج) القانون

د) الحقيقة العلمية

50- قذف جسم إلى أعلى وبعد ثانيتين وصل الجسم لأقصى ارتفاع، كم كانت السرعة الابتدائية ($g=10m/s^2$) ؟

ا) $20m/s$ ✓

ب) $5m/s$

ج) $10m/s$

د) $2m/s$

26

ملحقات

26.1 أساسيات الرياضيات للفيزيائيين

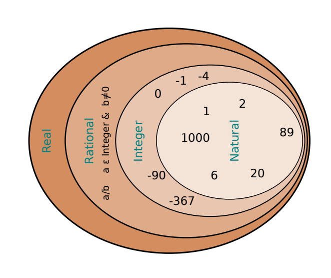
تعتمد الفيزياء على قوانين الرياضيات لحل المسائل ولإثبات القوانين واستنتاجها، ولهذا لا يمكن أن ندرس الفيزياء بدون معرفتنا ببعض الأساسيات الرياضية

أنواع العمليات الرياضيات توجد عدة أنواع من العمليات الرياضية منها:
الجبر $Algebra$ ويدرس الدوال الرياضية وإيجاد القيم المجهولة.
الهندسة $Geometry$ ويدرس الأشكال المسطحة والفراغية.
التفاضل والتكامل $Calculus$ ويدرس القيم المتغيرة.
حساب المثلثات $Trigonometry$ ويدرس الدوال المثلثية مثل الجيب Sin وجيب التمام Cos .
الهندسة التحليلية $Analytical\,Geometry$ ويدرس المتجهات وتحليلها.

رموز رياضية مهمة بعض الرموز الرياضية المهمة.

الرمز	الوظيفة	الرمز	الوظيفة	الرمز	الوظيفة
∞	مالا نهاية	$\Rightarrow$	يقتضي أن	$\equiv$	يكافيء
$\because$	بما أن	$\neq$	لا يساوي	$\leftarrow$	يؤدي إلى
$\therefore$	إذاً	$\simeq$	يساوي تقريبا	$\in$	ينتمي إلى
$\notin$	لا ينتمي	$\forall$	للكل	$\nexists$	غير موجود
$\exists$	موجود	$\exists!$	يوجد واحد فقط	$\emptyset$	مجموعة فارغة

أنواع الأعداد



يوجد عدة أنواع من الأعداد منها:
الأعداد الطبيعية $Natural\,numbers$ $N=\{1,2,3,....\}$
الأعداد الصحيحة $Integer\,numbers$ $Z=\{0,\pm1,\pm2,\pm3,....\}$
الأعداد الكسرية $Rational\,numbers$ $Q=\{\frac{a}{b}\ where\ b\neq0\,,b\epsilon Z\}$
الأعداد الحقيقية $Real\,numbers$ هي كل الأعداد $-\infty>R>+\infty$ ، أي الأعداد الصحيحة والكسرية.

الأعداد الفردية والزوجية يمكن أيضا تقسيم الأعداد إلى:
الأعداد الزوجية $Even\,numbers$ هي التي يمكن قسمتها على 2 بدون باق، وتحسب بالقانون $Even=2(n-1)$ ، وهي $\{0,2,4,6,....\}$.
الأعداد الفردية $Odd\,numbers$ وهي التي إذا قسمناها على 2 ينتج لنا باق، وتحسب بالقانون $Odd=2n-1$ ، وهي $\{1,3,5,....\}$.
ما هو العدد الفردي الرابع والزوجي الرابع؟

$$Odd_4=2n-1=(2\times4)-1=7$$

$$Even_4=2(n-1)=2\times(4-1)=6$$

الدوال الفردية والزوجية يمكن أيضا تقسيم الدوال $Functions$ إلى:
الدوال الزوجية $Even\,functions$ هي التي يكون $f(-x)=f(x)$
الدوال الفردية $Odd\,functions$ هي التي يكون $f(-x)=-f(x)$
مثال: ما هو نوع الدالتين التاليتين $y=x^3$ ، $cos(\theta)$ ؟

$$y=x^3$$

$$y=(-1)^3=-1$$

بما أن النتيجة سالبة فهذا يعني أن الدالة فردية.

$$y=cos(\theta)$$

$$y=cos(-30)=cos(30)=0.866$$

بما أن النتيجة موجبة في الحالتين $+30$ & -30 فهذا يعني أن الدالة زوجية.

الأعداد الكسرية الكسور هي أعداد مكونة من بسط ومقام، مثل $\{\frac{a}{b},\frac{2}{3},\frac{6}{4},....\}$ ، ويمكن إجراء العمليات الرياضية على هذه الكسور.

جمع الكسور

يمكن جمع الكسور بضرب الوسطين وضرب الطرفين ثم جمعهم ووضعهم في البسط، وضرب المقامات ووضع ناتج الضرب في المقام.

$$\frac{a}{b}+\frac{c}{d}=\frac{(a\times d)+(c\times b)}{b\times d}$$

مثال: ما هو ناتج جمع $\frac{1}{4}$ و $\frac{2}{6}$ ؟

$$\frac{1}{4}+\frac{2}{6}=\frac{(1\times 6)+(2\times 4)}{4\times 6}$$

$$=\frac{6+8}{24}=\frac{14}{24}=\frac{7}{12}$$

طرح الكسور

يمكن طرح الكسور بضرب الوسطين وضرب الطرفين ثم طرحهم ووضعهم في البسط، وضرب المقامات ووضع ناتج الضرب في المقام.

$$\frac{a}{b}-\frac{c}{d}=\frac{(a\times d)-(c\times b)}{b\times d}$$

مثال: ما هو ناتج طرح $\frac{1}{2}$ و $\frac{3}{8}$ ؟

$$\frac{1}{2}-\frac{3}{8}=\frac{(1\times 8)-(3\times 2)}{2\times 8}$$

$$=\frac{8-6}{16}=\frac{2}{16}=\frac{1}{8}$$

ضرب الكسور

يمكن ضرب الكسور بضرب البسط في البسط والمقام في المقام.

$$\frac{a}{b}\times\frac{c}{d}=\frac{a\times c}{b\times d}$$

مثال: ما هو ناتج ضرب $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{5}$ ؟

$$\frac{1}{3}\times\frac{2}{5}=\frac{1\times 2}{3\times 5}=\frac{2}{15}$$

قسمة الكسور

يمكن قسمة الكسور بقلب الكسر الثاني ثم ضرب البسط في البسط والمقام في المقام.

$$\frac{a}{b}\div\frac{c}{d}=\frac{a}{b}\times\frac{d}{c}=\frac{a\times d}{b\times c}$$

مثال: ما هو ناتج قسمة $\frac{3}{4}$ و $\frac{2}{6}$ ؟

$$\frac{3}{4}\div\frac{2}{6}=\frac{3}{4}\times\frac{6}{2}$$

$$=\frac{3\times 6}{4\times 2}=\frac{18}{8}=\frac{9}{4}$$

الأسس هذه بعض العمليات الرياضية البسيطة:

$$x^a x^b = x^{a+b} \ \& \ (x^a)^b = x^{ab} \ \& \ (xy)^a = x^a y^a$$

$$x^0 = 1 \ \& \ 0^x = 0$$

بعض العمليات الحسابية هذه بعض العمليات الرياضية البسيطة:

$$(x \pm y)^2 = x^2 + y^2 \pm 2xy$$

$$(x \pm y)^n = \sum_{k=0}^{n} \frac{n!}{k!(n-k)!} x^{n-k} \pm y^k$$

مثال

$$(x+2)^5 = \sum_{k=0}^{5} \frac{5!}{0!(n-k)!} x^{5-0} + 2^0$$

$$= \sum_{k=0}^{5} \frac{1\times2\times3\times4\times5}{1\times(5-0)!} x^{5-0} + 1$$

$$= \sum_{k=0}^{5} \frac{1\times2\times3\times4\times5}{1\times(1\times2\times3\times4\times5)} x^{5} + 1$$

$$= \sum_{k=0}^{5} x^5 + 1$$

جذور معادلة الدرجة الثانية

$$x^2 + ax + b = 0 \ \& \ x_{1,2} = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - b}$$

مثال

$$x^2 + 6x + 8 = 0$$

$$x_1 = -\frac{3}{2} + \sqrt{\frac{6^2}{4} - 8} = -\frac{6}{2} + \sqrt{9-8} = -2$$

$$x_2 = -\frac{3}{2} + \sqrt{\frac{6^2}{4} - 8} = -\frac{6}{2} - \sqrt{9-8} = -3.5$$

الزوايا إن أشهر نوعين من وحدات قياس الزوايا هي الدرجة Deg والراديان rad .

لتحويل الدرجة إلى راديان نستخدم القانون $Rad = \frac{Deg \times 2\pi}{360}$

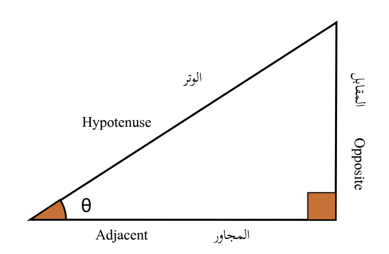
لتحويل الراديان إلى درجة نستخدم القانون $Deg = \frac{Rad \times 360}{2\pi}$

مثال: حول 45 درجة إلى راديان ؟

$$Rad = \frac{Deg \times 2\pi}{360}$$

$$= \frac{45 \times 2\pi}{360} = 0.785 rad$$

حساب المثلثات



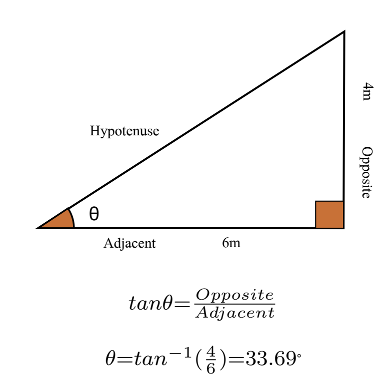
يمكننا حساب الزاوية في المثلث القائم الزاوية بعدة طرق:

باستخدام جيب الزاوية $Sin\theta=\frac{Opposite}{Hypotenuse}$

أو باستخدام جيب تمام الزاوية $Cos\theta=\frac{Adjacent}{Hypotenuse}$

أو باستخدام جيب الزاوية $tan\theta=\frac{Opposite}{Adjacent}=\frac{Sin\theta}{Cos\theta}$

مثال: احسب الزاوية في الرسم



$$tan\theta=\frac{Opposite}{Adjacent}$$

$$\theta=tan^{-1}(\frac{4}{6})=33.69^{\circ}$$

بعض الدوال المثلثية المهمة يوجد مجموعة من الدوال المثلثية المهمة التي يحتاجها دارس الفيزياء، والتي تسهل عليه العمل مع الزوايا.

$$Sin^2(\theta)+Cos^2(\theta)=1$$

$$sin(A\pm B)=sin(A)cos(B)\pm cos(A)sin(B)$$

$$cos(A\pm B)=cos(A)cos(B)\mp sin(A)sin(B)$$

$$sin(2A)=2sin(A)cos(A)$$

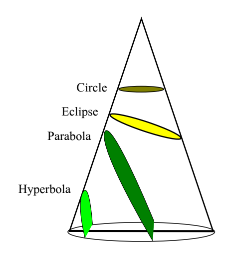
$$cos(2A)=cos^2(A)-sin^2(A)$$

$$cos(2A)=1-2sin^2(A)=2cos^2(A)-1$$

$$1+tan^2(A)=sec^2(A)$$

$$1+cot^2(A)=cosec^2(A)$$

المخاريط



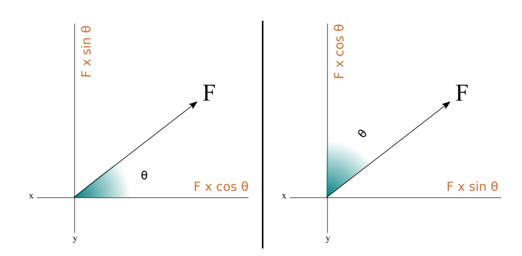
عند تقاطع المستوي $Plane$ مع المخروط $Conic$ ينتج لدينا عدة أشكال أهمها الدائرة والقطع الناقص والقطع المكافيء والقطع الزائد.

	$Shape$ الشكل	$Cartesian\ Equation$ المعادلة الديكارتية	$Parametric\ Equation$ معطيات المعادلة
الدائرة	$Circle$	$x^2+y^2=a^2$	$x=cos(t), y=sin(t)$
القطع الناقص	$Ellipse$	$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$	$x=a\,cos(t), y=b\,sin(t)$
القطع المكافيء	$Parabola$	$x=4ay^2$	$x=4ay^2, y=t$
القطع الزائد	$Hyperbola$	$\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=1$	$x=a\,tan(t), y=b\,sec(t)$

جدول 26.1: أشكال تقاطع المستوي مع المخروط

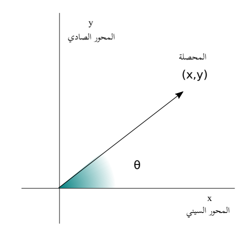
الكميات المتجهة الكميات المتجهة $Vector$ هي كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه مثل القوة والسرعة، وكل كمية متجهة $\underline{x}$ لها مقدار $|x|$ واتجاه $\hat{\underline{x}}$.

تحليل المتجهات



لتحليل كمية متجهة مثل القوة F فإننا نقوم بحساب مركبتها على المحور السيني x والمحور الصادي y باستخدام حساب المثلثات حسب مكان وجود الزاوية، فمركبة المحور الذي يكون بجوار الزاوية تساوي الكمية مضروبة في جيب التمام $cos(\theta)$ والمحور البعيد عن الزاوية نضربها في جيب الزاوية $sin(\theta)$ ، مع ملاحظة أن المركب السينية x والمركبة الصادية y تمثل إحداثيات رأس المتجه على الرسم الديكارتي $Cartesian\,coordinate$.

ولإيجاد محصلة مركبتين متجهتين أو أكثر بينهما زاوية قائمة فإننا نقوم بالخطوات التالية:



1- نحسب المركبة الكلية على المحور السيني (x) : $\sum F_{xi}=F_{x1}+F_{x2}+....$

2- نحسب المركبة الكلية على المحور الصادي (y) : $\sum F_{yi}=F_{y1}+F_{y2}+....$

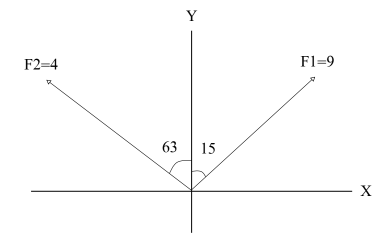
3- نحسب محصلة القوة: $F_f=\sqrt{F_{xi}^2+F_{yi}^2}$

4- نحسب زاوية محصلة القوة F_f (عادة المحصورة بين المحصلة والمحور السيني x إلا إذا طلب غير ذلك) بواحد من ثلاث طرق:

بين المحصلة والمحور السيني	بين المحصلة والمحور الصادي
$\theta=tan^{-1}(\frac{F_y}{F_x})$	$\theta=tan^{-1}(\frac{F_x}{F_y})$
$\theta=cos^{-1}(\frac{F_x}{F_f})$	$\theta=cos^{-1}(\frac{F_y}{F_f})$
$\theta=sin^{-1}(\frac{F_y}{F_f})$	$\theta=sin^{-1}(\frac{F_x}{F_f})$

جدول 26.2: زاوية محصلة القوة أو أي كمية متجهة

مثال: احسب محصلة القوتين في الرسم



$$\sum F_{xi}=9\times sin(15)-4\times sin(63)=-1.23N$$

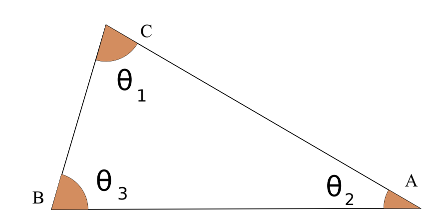
$$\sum F_{yi}=9\times cos(15)+4\times cos(63)=10.5N$$

$$=\sqrt{-1.23^2+10.5^2}=10.58N$$

$$\theta=cos^{-1}(\frac{F_y}{F_f})=cos^{-1}(\frac{10.5}{10.58})=7^{\circ}$$

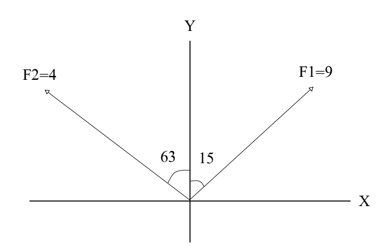
حالة خاصة: نستطيع استخدام القانون $F_f=\sqrt{F_x^2+F_y^2+2F_xF_ycos(\theta)}$ لحساب محصلة قوتين فقط، حيث θ الزاوية بينهما.

قانون حساب الزوايا:



$$\frac{sin(\theta_1)}{|AB|}=\frac{sin(\theta_2)}{|BC|}=\frac{sin(\theta_3)}{|AC|}$$

مثال: احسب محصلة القوتين في الرسم



$$F_f=\sqrt{F_x^2+F_y^2+2F_xF_ycos(\theta)}$$

$$=\sqrt{9^2+4^2+2\times9\times4\times cos(78)}=10.58N$$

المصفوفات هذه بعض العمليات الأساسية البسيطة على المصفوفات.

جمع المصفوفات $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} e & f \\ g & h \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} a+e & b+f \\ c+g & d+h \end{pmatrix}$

مثال: أوجد جمع المصفوفتين $\begin{pmatrix} 6 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} 1 & 7 \\ 2 & 8 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 7 & 9 \\ 5 & 9 \end{pmatrix}$

طرح المصفوفات $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}-\begin{pmatrix} e & f \\ g & h \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} a-e & b-f \\ c-g & d-h \end{pmatrix}$

مثال: أوجد طرح المصفوفتين $\begin{pmatrix} 6 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}-\begin{pmatrix} 1 & 7 \\ 2 & 8 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 5 & -5 \\ 1 & -7 \end{pmatrix}$

ضرب المصفوفات $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}\times\begin{pmatrix} e & f \\ g & h \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} ae+bg & af+bh \\ ce+dg & cf+dh \end{pmatrix}$

مثال: أوجد ضرب المصفوفتين $\begin{pmatrix} 6 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}\times\begin{pmatrix} 1 & 7 \\ 2 & 8 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 6+4 & 42+16 \\ 3+2 & 21+8 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 10 & 58 \\ 5 & 29 \end{pmatrix}$

Limits هذه بعض العلاقات الخاصة بالنهايات.

$$\lim_{n\to\infty} \frac{1}{x} = 0$$

$$\lim_{n\to 0+} \frac{1}{x} = \infty$$

$$\lim_{n\to 0-} \frac{1}{x} = -\infty$$

$$\lim_{n\to a} f(x)g(x) = \lim_{n\to a} f(x) + \lim_{n\to a} f(x)$$

$$\lim_{n\to a} f(x) + \lim_{n\to a} f(x) = \lim_{n\to a} f(x)g(x)$$

$$\lim_{n\to a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{n\to a} f(x)}{\lim_{n\to a} g(x)}$$

مثال: أوجد ناتج

$$\lim_{n\to\infty} \frac{4x^2+x+6}{2x^2+3}$$

$$\lim_{n\to\infty} \frac{\frac{4x^2}{x^2}+\frac{x}{x^2}+\frac{6}{x^2}}{\frac{2x^2}{x^2}+\frac{3}{x^2}} = \lim_{n\to\infty} \frac{4+\frac{1}{x}+\frac{6}{x^2}}{2+\frac{3}{x^2}}$$

$$= \frac{4+\lim_{n\to\infty}\frac{1}{x}+\lim_{n\to\infty}\frac{6}{x^2}}{2+\lim_{n\to\infty}\frac{3}{x^2}}$$

$$= \frac{4+0+0}{2+0} = \frac{4}{2} = 2$$

Sigma sign

$$\sum x = x_1 + x_2 + ...$$

مثال

$$\sum_{n=1}^{3} 2n = (2\times1) + (2\times2) + (2\times3)$$

$$= 2+4+6 = 12$$

factorial and Product signs

$$x! = x_1 \times x_2 \times ....$$

مثالين

$$4! = 1\times2\times3\times4 = 24$$

$$0! = 1$$

$$\prod_{n=1}^{3} n = n_1 \times n_2 \times n_3$$

مثال

$$\prod_{n=1}^{3} 2n = (2\times1)\times(2\times2)\times(2\times3)$$

$$= 2\times4\times6 = 48$$

اللوغاريتمات

$$ln\, x.y = ln\, x + ln\, y \;\;\&\;\; ln \frac{x}{y} = ln\, x - ln\, y \;\;\&\;\; ln\, x^y = y\, ln\, x$$

$$log_z x.y = log_z\, x + log_z\, y \;\;\&\;\; log_z \frac{x}{y} = log_z\, x - log_z\, y \;\;\&\;\; log_z\, x^y = y\, log_z\, x$$

$$log_y x = \frac{ln\, x}{ln\, y}$$

مثال

Differential قبل أن نبدأ كتابة بعض العلاقات الخاصة بالتفاضل يجب أن نعرف رموز الفترات والفرق بينها:

[1,5] تعني أن $1 \leqslant x \leqslant 5$ أي الواحد والخمسة جزء من الفترة.

(1,5) تعني أن $1 < x < 5$ أي الواحد والخمسة لا تنتمي للفترة لكن تحدها فقط.

(1,5] تعني أن $1 < x \leqslant 5$ أي الواحد لا ينتمي للفترة لكن الخمسة تنتمي لها.

[1,5) تعني أن $1 \leqslant x < 5$ أي الواحد ينتمي للفترة لكن الخمسة لا تنتمي لها.

لمعادلة التفاضل العادية *ordinary* صيغة عامة بسيطة تكتب الشكل التالي:

$$y^n = (\frac{\partial^n y}{\partial x^n})^m$$

حيث n رتبة أو مرتبة *order* المشتقة ، m درجة *degree* المعادلة التفاضلية، y المتغير التابع، x المتغير المستقل.

أما معادلة التفاضل الجزئية *partial* فيكون فيها أكثر من متغير مستقل مثل : $\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial z} = 0$ حيث لدينا المتغيرين المستقلين (x,z) .

تكون المعادلة التفاضلية خطية *linear* إذا كانت $m=1$ ولا تحتوي متغيرات توابع مضروبه ببعضها، ولا تحتوي دوال مثلثية مثل *sin* ، وتكتب المعادلة التفاضلية الخطية القياسية بالصورة:

$$P_n(x)y^n + P_{n-1}(x)y^{n-1} + ... + P_1(x)y' + P_0(x)y = Q(x)$$

وإذا كان الطرف الأيسر يساوي صفر نقول أنها خطية متجانسة أما إذا كانت لا تساوي صفر فإنها تكون غير متجانسة.

26.2 الجدول الدوري

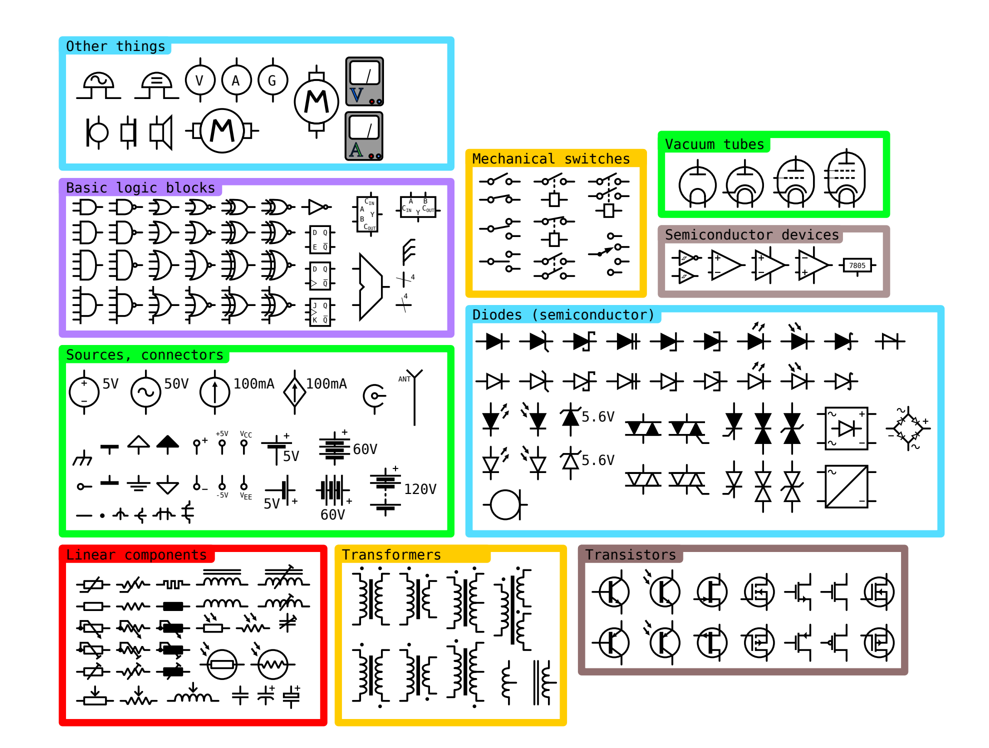
(Mendeleev's) Periodic Table of Chemical Elements via TikZ

	1 IA	2 IIA	3 IIIA	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.0079 H Hydrogen																	2 4.0025 He Helium
2	3 6.941 Li Lithium	4 9.0122 Be Beryllium											5 10.811 B Boron	6 12.011 C Carbon	7 14.007 N Nitrogen	8 15.999 O Oxygen	9 18.998 F Flourine	10 20.180 Ne Neon
3	11 22.990 Na Sodium	12 24.305 Mg Magnesium											13 26.982 Al Aluminium	14 28.086 Si Silicon	15 30.974 P Phosphorus	16 32.065 S Sulphur	17 35.453 Cl Chlorine	18 39.948 Ar Argon
4	19 39.098 K Potassium	20 40.078 Ca Calcium	21 44.956 Sc Scandium	22 47.867 Ti Titanium	23 50.942 V Vanadium	24 51.996 Cr Chromium	25 54.938 Mn Manganese	26 55.845 Fe Iron	27 58.933 Co Cobalt	28 58.693 Ni Nickel	29 63.546 Cu Copper	30 65.39 Zn Zinc	31 69.723 Ga Gallium	32 72.64 Ge Germanium	33 74.922 As Arsenic	34 78.96 Se Selenium	35 79.904 Br Bromine	36 83.8 Kr Krypton
5	37 85.468 Rb Rubidium	38 87.62 Sr Strontium	39 88.906 Y Yttrium	40 91.224 Zr Zirconium	41 92.906 Nb Niobium	42 95.94 Mo Molybdenum	43 96 Tc Technetium	44 101.07 Ru Ruthenium	45 102.91 Rh Rhodium	46 106.42 Pd Palladium	47 107.87 Ag Silver	48 112.41 Cd Cadmium	49 114.82 In Indium	50 118.71 Sn Tin	51 121.76 Sb Antimony	52 127.6 Te Tellurium	53 126.9 I Iodine	54 131.29 Xe Xenon
6	55 132.91 Cs Caesium	56 137.33 Ba Barium	57-71 La-Lu Lanthanide	72 178.49 Hf Halfnium	73 180.95 Ta Tantalum	74 183.84 W Tungsten	75 186.21 Re Rhenium	76 190.23 Os Osmium	77 192.22 Ir Iridium	78 195.08 Pt Platinum	79 196.97 Au Gold	80 200.59 Hg Mercury	81 204.38 Tl Thallium	82 207.2 Pb Lead	83 208.98 Bi Bismuth	84 209 Po Polonium	85 210 At Astatine	86 222 Rn Radon
7	87 223 Fr Francium	88 226 Ra Radium	89-103 Ac-Lr Actinide	104 261 Rf Rutherfordium	105 262 Db Dubnium	106 266 Sg Seaborgium	107 264 Bh Bohrium	108 277 Hs Hassium	109 268 Mt Meitnerium	110 281 Ds Darmstadtium	111 280 Rg Roentgenium	112 285 Uub Ununbium	113 284 Uut Ununtrium	114 289 Uuq Ununquadium	115 288 Uup Ununpentium	116 293 Uuh Ununhexium	117 292 Uus Ununseptium	118 294 Uuo Ununoctium
				57 138.91 La Lanthanum	58 140.12 Ce Cerium	59 140.91 Pr Praseodymium	60 144.24 Nd Neodymium	61 145 Pm Promethium	62 150.36 Sm Samarium	63 151.96 Eu Europium	64 157.25 Gd Gadolinium	65 158.93 Tb Terbium	66 162.50 Dy Dysprosium	67 164.93 Ho Holmium	68 167.26 Er Erbium	69 168.93 Tm Thulium	70 173.04 Yb Ytterbium	71 174.97 Lu Lutetium
				89 227 Ac Actinium	90 232.04 Th Thorium	91 231.04 Pa Protactinium	92 238.03 U Uranium	93 237 Np Neptunium	94 244 Pu Plutonium	95 243 Am Americium	96 247 Cm Curium	97 247 Bk Berkelium	98 251 Cf Californium	99 252 Es Einsteinium	100 257 Fm Fermium	101 258 Md Mendelevium	102 259 No Nobelium	103 262 Lr Lawrencium

- Alkali Metal
- Alkaline Earth Metal
- Metal
- Metalloid
- Non-metal
- Halogen
- Noble Gas
- Lanthanide/Actinide

Z mass Symbol Name	man-made

26.3 أشهر رموز الدوائر الكهربائية



26.4 بايثون للفيزيائيين

بايثون هي لغة برمجة عالية المستوى تستخدم على نطاق واسع من قبل علماء الفيزياء في العالم، نظرا لقوتها وسهولتها بالنسبة للغة سي وجافا، ويستخدمها العلماء لإجراء الحسابات المتنوعة وحل المسائل المعقدة، وحفظ واسترجاع البيانات، وتتميز بأنها مدعومة على جميع أنظمة التشغيل، بالإضافة إلى احتوائها *modules* التالية math و numpy و scipy للتعامل مع جميع الحسابات الرياضية تقريبا و *modules* التالية visual و pylab و MatPlotLib للرسوم البيانية العلمية والإحصائية. انتبه إلى أن الحزمة math فقط هي التي تأتي مدمجة مع بايثون أما بقية الحزم يجب تركيبها بالأمر *pip* .



من تجربتي الشخصية وجدت أن أسهل طريقة لتركيب حزم البايثون على الويندوز هي تنزيل الحزم بصيغة *whl* من *http://www.lfd.uci.edu/ gohlke/pythonlibs/* ثم تركيبها بالأمر *pip install c:/youdir/yourmodule.whl* ، ويكون اسم الحزم مثل هذا *scipy−0.18.1−cp36−cp36m−win$_a$md64.whl* وحجم بعضها يتجاوز 100 ميغابايت، وعند تنزيلنا للحزمة نركز على نهاية اسم الملف هل هو 64 بت للأجهزة الحديثة أم 32 بت للأجهزة القديمة جدا، والرقم الذي يأتي بعد *cp* يدل على إصدار البايثون، مثلا *cp*36 تعني الحزمة تتوافق مع إصدار بايثون 3.6 .

وتستخدم بايثون في التعامل مع الروبوتات، وبناء البرامج البسيطة وكذلك المعقدة، وينصح الفيزيائيين بتعلم أساسياتها، ولهذا تستخدم في ناسا وكثير من مراكز الأبحاث، لكن لا ينصح بالتركيز عليها وحدها للطالب الذي يرغب التخصص في البرمجة لأن شركات البرمجة تبحث عن المتخصصين في الجافا و ++C ، أما بقية اللغات فيعتبرونها نقاط قوة لكن ليست أساسية، لكن هذا لا يعني أنها ضعيفة، إنها قوية لكنها ليست الأولى.

لأهمية البايثون للفيزيائيين، تم إضافة هذا الملحق لشرح بعض الأمور الأساسية في البايثون، والتي تساعد الفيزيائي على حل المسائل، إن الإنترنت تحتوي على عدد كبير من الكتب المجانية التي تعلم البايثون وبعضها باللغة العربية، لكن تذكر دائما أن قيامك بحل المسائل بشكل يدوي يرسخ وينمي إتقانك لحل المسائل الفيزيائية.



لا تقم أبدا بالاعتماد الكلي على الحاسب الآلي في حل المسائل، لأنك ستفقد مهاراتك بالتدريج وربما تصل لنسيان القوانين، لكن استخدمه عندما يكون وقتك ضيقا، أو تحتاج لتطبيق قانون معين على عدد كبير من الحالات أو للتأكد من صحة حلك، وأخيرا للمسائل والرسوم البيانية المعقدة.

ومن المراجع التي يمكن استخدامها لدراسة بايثون للفيزيائيين:

- كتاب تعلم البرمجة مع بايثون 3 ، وابحث عنه في قوقل باسم learn_python3.pdf .
- كتاب Computational Physics Problem Solving with Computers ، وابحث عنه في قوقل باسم computational_physics.pdf .
- كتاب Computational Physics With Python ، وابحث عنه في قوقل بإسم CPwP.pdf .
- كتاب Introduction to Python for Science ، وابحث عنه في قوقل باسم PythonMan.pdf .



لا أعرف نوع تصريح الملكية الفكرية لكل كتاب منها، لذا ابحث عن ذلك بنفسك.

تركيب البايثون

يمكن تركيب البايثون من موقعها python.org ويفضل بشدة تركيب الإصدار الأخير من بايثون 3 وليس بايثون 2 القديمة.

لكتابة أكود البايثون نحتاج لمحرر، توجد الكثير من برامج التحرير المجانية، لكن اشهرها pycharm ويستخدمه أكثر من 50% من مبرمجي بايثون (لمبرمجي برامج الهاتف أو الأجهزة التي تحتوي شاشات لمس ينصح بتركيب *module* باسم kivy أيضا فهو يسهل عملية صنع واجهة البرامج ودعم شاشات اللمس) ، وتوجد محررات أخرى.

من أهم أنواع المتغيرات في بايثون

- الأعداد الحقيقية float وهي الأعداد التي بها فواصل عشرية أو أسس مثل 3.14 أو $3.2{\times}10^{-12}$.

- الأعداد الصحيحة int هي الأعداد التي لا تحتوي على فواصل عشرية مثل 1013 أو 8 .

- النصوص str هي الحروف أو الكلمات النصية.

والفاصلة تكتب دائما نقطة (9.8) وليس (9,8).

مثال للتدريب: قانون نيوتن الثاني $F{=}ma$

```
m = 2
a = 9.8
F = m*a
```

ولطباعة النتيجة على الشاشة نستخدم الأمر print ويجب وضع المطلوب طباعته بين قوسين () والنصوص داخل القوسين، يجب وضعها بين علامتي تنصيص مزدوجة "*text*" ، كما يجب وضع فاصلة بين النصوص والمتغيرات:

```
print(m)
print(a)
print(F)
print("the force = ",F," Newten")
```

لجعل العملية متقدمة أكثر يمكننا أن نجعل البرنامج يطلب من المستخدم كتابة القيم في نافذة صغيرة :

```
from math import *
m = float(input("write m her"))
a = float(input("write a her"))
F = m*a
print("Force = ",F)
```

في المثال السابق استخدمنا input للطلب من المستخدم كتابة الكتلة، وغلفناه ب float لكي يتم تحويل أي رقم يكتب إلى عدد حقيقي قابل للاستخدام.

العمليات الحسابية

العمليات الحسابية تكتب بالطريقة العادية في الجمع والطرح والضرب والقسمة:

```
from math import *
a+b
a-b
a*b
a/b
```

الشئ المختلف هو إشارة // وتعني ناتج القسمة بدون باق (حذف الباقي)، وكذلك % وتعني الباقي فقط،، والأس يكتب ** ، ويجب أن لا نخلط بين إشارة يساوي == وإشارة القيمة = التي تساوي بين المتغير وقيمته.

```
import math from *
a = 9//2
b = 9%2
c = 4**2
print(a , b ,c)
```

ستكون قيمة $a=4$ بينما $b=1$ وقيمة $c=16$.

كتابة المعادلات

قانون نيوتن الثاني $F=ma$ يكتب هكذا $F=m*a$

قانون الحركة الخطية $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ يكتب هكذا $x=v_0*t+0.5*a*t**2$

يمكن للتسهيل والاختصار، أن نكتب المساواة بين أكثر من قيمة في سطر واحد مثل:

```
from math import *
a , b , c = 3 , 2 , 9
```

وتعني a=3 و b=2 و c=9 .
بعض العمليات الرياضية الأخرى:

log	tan
log10	asin
exp	sinh
sin	sqrt
cos	pi

إنشاء دالة لحل مسألة حسابية



لماذا ننشيئ دالة لحل معادلة بينما الآلات الحاسبة متوفرة ؟!، اليدوية منها والمدمجة في الهواتف أو الحواسيب.

ببساطة للحفاظ على الوقت، فبعض المعادلات طويلة، وبعض المسائل تتطلب التعويض في عدة قوانين إلى أن نصل للحل النهائي، تخيل أن طالبا أو باحثا يكرر تجربة في المختبر، وتتطلب نتائج التجربة التعويض في قانون معين كل مرة.
إن التعويض في قانون بسيط مثل F=ma ربما لن يشكل مشكلة كبيرة، ولكن ماذا إذا كنا نريد التعويض في قانون طويل مثل قانون حساب الضغط:

$$P = P_0.(1 - \frac{L.h}{T_0})^{\frac{g.M}{R.L}}$$

لنبدأ بإنشاء دالة صغيرة ثم دالة أعقد، لنفرض أننا نريد إنشاء دالة لحساب قانون نيوتن الثاني:

```
def f(m,a):
    print(m*a)

f(3,4)
```

الدالة تبدأ دائما بثلاثة حروف هي def ويليها مسافة ثم اسم الدالة (أي اسم نختاره)، ويفضل أن يكون للاسم ارتباط بما نريد، لكي يسهل علينا مراجعة الكود، في المثال السابق اخترنا f لأننا سنحسب القوة، بين القوسين نضع رموز المتغيرات، لكن لا نكتب رموز الثوابت كتسارع الجاذبية الأرضية، وبعدها رمز النقطتين الرأسية (:) ثم ننقر على زر الإدخال enter ، وسنلاحظ أن السطر الجديد لم يبدأ من أول السطر، وإنما بعد أربعة مسافات من بداية السطر الذي قبله، ثم نكتب print أي أظهر على الشاشة (وليس اطبع بالطابعة)، ونكتب قوسين بينهما المعادلة، أخيرا لكي نحسب القوة في مسألة ما، نكتب $f(3,4)$ ونستبدل 3 بالكتلة و 4 بالتسارع المعطى في السؤال. ولا نحتاج لإعادة الأسطر الأولى إذا رغبنا بحل مسألة جديدة، فقط نكتب السطر الأخير مع تغيير المعطيات مثل $f(24,8)$ وهكذا.



كيف نكتب معادلة بها 3 متغيرات ؟

بنفس الطريقة السابقة، لكن نضيف رمز المتغير الثالث داخل اسم الدالة، مثال قانون الحركة الأول V_f=V_0+at:

```
def vf(v0,a,t):
    print(v0+a*t)

vf(2,5,20)
```

كتابة الجذر في معادلة v=$\sqrt{2*g*h}$ يحتاج استيراد الحزمة math والعملية سهله، لاستيراد حزمة في بايثون، نكتب from ثم اسم الحزمة ثم import لاختيار وظيفة معينة في الحزمة (النجمة بعد import تعني أيها الحاسب استورد في ذاكرتك (الرام) جميع الأوامر أو الوظائف الموجودة في الحزمة math) .



لاحظ أن استيراد كل الأوامر قد يستهلك الذاكرة العشوائية للجهاز ويبطئه لذا حاول أن تستورد ما تريده فقط.

ويمكننا استبدال النجمة بكلمة sqrt :

```
from math import *
def vg(h):
    g = 9.81
    print("%.2f"% math.sqrt(2*g*h))
vg(99)
```

الجديد في المثال السابق هو استخدام الجذر sqrt ، و الأمر "%.2f"% يعني إذا كان الناتج به فاصلة، اعرض أول خانتين فقط، وإذا اردنا 3 خانات نكتب $3f$ وهكذا، أما إذا رغبنا بحذف كل ما بعد الفاصلة نكتب صفر $0f$ ، ويمكن استبدال حرف f بحرف e لكتابة النتيجة بالصيغة العلمية، أو g لجبر الكسر، أي إكمال العدد العشري لعدد صحيح، أو d لحذف ما بعد الفاصلة [12].

النتيجة	الكود
12.79	"%.2f"%
1.27e+01	"%.2e"%
13	"%.2g"%
12	"%.2d"%

لنفرض أن لدينا قانون له متغيرين، ويكون أحدهما مجهول في مسالة، والآخر يكون مجهولا في مسألة أخرى، بدلا من أن اكتب دالة لكل مسالة، أكتب دالة للحالتين.

```
def speed(vg,h):
    g = 9.81
    if vg =='':
        print("%.2f"% math.sqrt(2*g*h))
    elif h =='':
        print("%.2f" % (vg**2/(2*g)))
speed('',99)
speed(50,'')
```

قانون حساب سرعة السقوط الحر يحتوي على متغيرين vg و h وهما السرعة والارتفاع، بالإضافة لثابت تسارع الجاذبية الأرضية g ، ولأنه ثابت لم نضعه مع المتغيرات بين القوسين، إن الدالة تقول: الدالة اسمها speed وتحتوي على متغيرين هما vg و h ، يوجد ثابت اسمه g وقيمته 9.81 ، وإذا كانت قيمة السرعة vg المعطاة من قبل المستخدم للدالة ، تساوي '' أي مجهولة : احسب واطبع النتيجة باستخدام صيغة المعادلة التالية وإذا كانت النتيجة تحتوي على فاصلة فاطبع أول خانتين فقط، أما إذا كان الارتفاع h مجهول فاحسب واطبع النتيجة باستخدام الصيغة الثانية... الخ، أخيرا لاستخدام الدالة نكتب $speed('',99)$ إذا كانت السرعة مجهولة، و $speed(50,'')$ إذا كان الارتفاع مجهول.

hphysics هي مكتبة بايثون3 تحتوي على قوانين فيزياء جاهزة للاستخدام، ويستفاد منها في حل المسائل الفيزيائية بسرعة وسهولة.
يمكن تنزيل آخر إصدار من هنا:

sourceforge.net/projects/hphysics/files/

طريقة الاستخدام:

تحتوي المكتبة على أكواد لحل مجموعة من المسائل الفيزيائية، ويتم استخدامها بالطريقة التالية:

١. يتم حفظ ملف المكتبة *hphysics.py* في مجلد بايثون الذي نحفظ فيه ملفاتنا.

save hphysics.py in any folder

أو ننسخه لمجلد :

C:\Users\username\AppData\Local\Programs\Python\Python36

بعد حذف رقم الاصدار من اسم الملف ليصبح hphysics ، وبذلك نستطيع استيراده في IDEL .

٢. نستورد المكتبة بالأمر: *from hphysics import ∗*

create new python file, then write "from hphysics import ∗"

٣. نستورد دالة الحل بالطريقة التالية: نحدد القانون المطلوب، وننسخ دالته، مثل $h1(f,m,a)$ ونعوض فيها بالمعطيات، ونعوض عن المجهول بقوسين فارغين[١] "" لكي يعرف الكود أن هذا المتغير مجهول، ويمكن معرفة اسماء الدوال من الجدول التالي.

in 2nd line, write function name, like "h1(f,m,a)", and put "" in unkonown like: $h1('',2,4)$*, or* $h1(8,'',4)$ *or* $h1(8,2,'')$

بالنسبة لمستخدمي جوالات اندرويد يمكنهم تركيب برنامج *qpython3* المجاني، ونسخ مكتبة الفيزياء في مجلد السكربتات *qpython/scripts3*. ثم فتح ملف جديد فارغ وحفظه في نفس المجلد باسم *ph.py*، واستيراد المكتبة كما تم شرحه في الخطوات السابقة.

we can used hphysics in android with "qpython3 program" or python3 program

ت	English	عربي	القانون	def
1		قانون نيوتن الثاني	$F=ma$	$h1(f,m,a)$
2		السرعة الخطية	$v=\frac{d}{t}$	$h2(v,d,t)$
3		التسارع الخطي	$a=\frac{v}{t}$	$h3(a,v,t)$
4		معادلة الحركة الخطية1	$v_x=v_0+at$	$h4(vx,a,t,v0)$
5		معادلة الحركة الخطية2	$x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$	$h5(x,a,t,v0)$
6		معادلة الحركة الخطية3	$v_f^2=v_0^2+2ax$	$h6(vf,v0,a,x)$
7		زمن السقوط الحر	$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$	$h7(t,h,g)$
8		سرعة السقوط الحر	$v=\sqrt{2gh}$	$h8(v,g,h)$
9		سرعة السقوط في آلة أتوود	$v_x=\sqrt{(\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2})2gh}$	$h9(v,m1,m2,g,h)$
10		المسافة الأفقية في المقذوفات	$x=\frac{v_0^2sin(2\theta)}{g}$	$h10(x,v0,theta)$
11		زمن المسافة الأفقية في المقذوفات	$t=\frac{2v_0sin(\theta)}{g}$	$h11(t,v0,theta)$
12		العزم مع الجيب	$\tau=Fr\times sin\theta$	$h12(t,f,r,theta)$
13		العزم مع جيب التمام	$\tau=Fr\times cos\theta$	$h13(t,f,r,theta)$
14		عزم الاتزان	$F_1\times r_1-F_2\times r_2=0$	$h14(f1,f2,r1,r2)$
15		القوة مع الدفع	$J=F\Delta t$	$h15(j,f,t)$
16		الدفع مع الزخم	$J=p_f-p_i$	$h16(j,m1,m2,v1,v2)$

[١] بتحويل لغة لوحة المفاتيح للانجليزية ثم نقرة واحدة على الزر المجاور لمفتاح Enter من اليسار.

26.5 برنامج Gnuplot

برنامج جنو بلوت gnuplot هو برنامج قوي لإنتاج الرسوم البيانية البسيطة والمتقدمة، وهو مجاني ومفتوح المصدر ويعمل على الويندوز واللينكس والماك، وله واجهة بسيطة، ويمكن للفيزيائي استخدامه لإنتاج رسوماته البيانية، وانصح بتركيبه إذا لم يتم تركيب برنامج ماكسيما.

26.5.1 الرسم المسطح باستخدام *plot*

مثال1 لنفرض أننا نريد رسم منحنى $sin\theta$ جيب الزاوية ؟

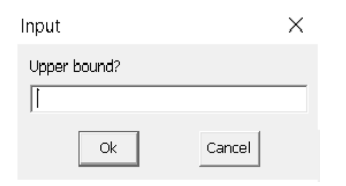
نكتب أمر الرسم *plot* وبعده المعادلة، ثم انقر على زر *Enter* في لوحة المفاتيح لينتج الرسم البياني! أليست عملية سهلة.

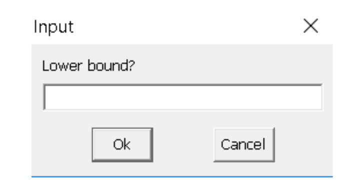
```
plot sin(x)
```

لنفرض أننا نريد تحديد مدى الأرقام على المحور السيني أو الصادي أو كليهما، كل ما علينا فعله هو استخدام الأمر *xrange* والأمر *yrange*.

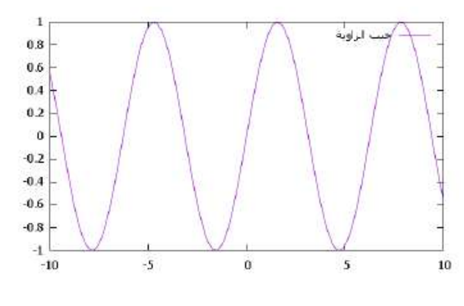
```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
plot sin(x)
```

أو من القائمة الرئيسية نختار Axes > X-Range ، فتفتح لنا نافذة لإدخال الحد الأدنى *Lower* ثم نافذة لإدخال الحد الأعلى *Upper*.





وهذه نتيجة الرسم:



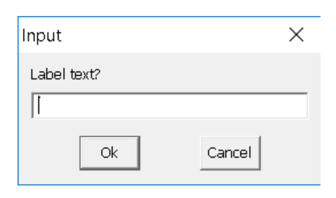
شكل 26.1: gnuplot2

كيف أكتب اسم المتغير على المحور السيني أو المحور الصادي ؟

يمكننا ذلك باستخدام الأمر *xlabel* والأمر *ylabel* واللاحقة x,y,z *offset* اختيارية يمكن حذفها، وهي لتحديد الموقع.

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text␣her' offset x,y,z
set ylabel 'text␣her' offset x,y,z
plot sin(x)
```

أو من القائمة الرئيسية نختار X-Label > Axes ، فتفتح لنا نافذة لإدخال النص المطلوب.



كما يمكننا ملء الرسم البياني بالأمر *with* (يمكن كتابته w فقط)، متبوعا بنوع الملء مثل *linespoints* أو *filledcurves* أو تخطيط ما تحته *impulses* (توجد خيارات كثيرة - راجع دليل برنامج جنو بلوت).

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text␣her'
set ylabel 'text␣her'
plot sin(x) with filledcurves
```

مثال2 كيف نكتب كود لرسم بياني لأكثر من دالة أو معادلة؟

يمكننا رسم معادلتين أو أكثر بوضع فاصلة بينها كما في الكود التالي:

```
set xrange [-10:10]
set yrange [-1:1]
set xlabel 'text␣her'
set ylabel 'text␣her'
a(x) = sin(x)
b(x) = cos(x)
plot a(x) , b(x)
```

وكما هو واضح أننا نكتب المعادلة الثانية في سطر جديد وباسم جديد *b* ، ويمكن إضافة معادلة ثالثة ورابعة و. . .، وكل معادلة في سطر جديد وباسم جديد، وفي السطر الأخير نطبع المعادلات بالأمر *plot* ثم كتابة أسماء الدوال مع وضع فاصلة بينها.

كيف نكتب نص داخل الرسم البياني؟

نستخدم الأمر ملصق *label* مع تحديد مكان ظهور النص بالأمر *at* تتبعه الإحداثية:

```
set label 'text' at 2,3.5
```

وتعني اطبع كلمة *text* على الرسم البياني عند الإحداثية 2 على المحور السيني و 3.5 على المحور الصادي.

كيف أكتب عنوان نصي للرسم البياني؟

```
set title 'text␣her'
```

ومن الأوامر المهمة تعيين نوع الزاوية (راديان أو درجات)، البرنامج يعتمد الراديان افتراضيا، وإذا رغبنا بالتغيير، نستخدم أحد الأمرين التاليين:

```
set angles degrees
set angles radians
```

استيراد البيانات

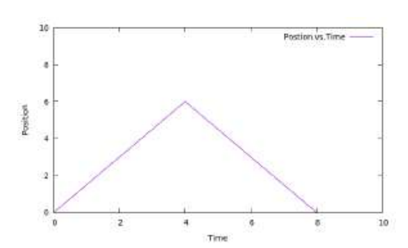
لنفرض أننا نريد رسم بياني للنقاط التالية (0,0) و (4,6) و (8,0) ، نقوم بفتح ملف نصي في النوت باد مثلا ونكتب إحداثية النقطة الأولى في السطر الأول بدون أقواس مع فاصلة بينهما بهذا الشكل 4,6 ثم نضغط *Enter* ونكتب الإحداثية الثانية في السطر الثاني، ثم الإحداثية الثالثة في السطر الثالث، وهكذا إلى أن ننتهي من كل الإحداثيات، ثم نحفظ الملف بأي اسم مثل *speed.csv* ونوعية الملف *csv* هو ملف ممتاز وخفيف ومدعوم في كل البرامج تقريبا لحفظ البيانات على شكل أعمدة أو جداول.

البيانات داخل ملف *csv* تكتب بهذا الشكل (كل فاصلة تعني عمود بيانات جديد):

```
Time , Position
0 ,0
4 ,6
8 ,0
```

ولكي نرسم الإحداثيات على برنامج جنو بلوت نستخدم الكود التالي:

```
set datafile separator ','
plot 'speed.csv' using ($1):($2) with lines title "P.vs.T"
```



مثال آخر على استيراد البيانات من ملف خارجي، لنفرض أننا نريد إنتاج رسم بياني للعدد الكتلي الخاص بعناصر الجدول الدوري، ولنفرض أن البيانات مخزنة في ملف *mass number.csv* والملف يحتوي بيانات كل العناصر، والعدد الكتلي هو العمود 20 في الجدول داخل ملف *csv* .

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' using :($20) with lines
```

في السطر الأول أخبرنا البرنامج بنوع الفاصلة الموجودة بين البيانات في ملف *csv* (ملفات *csv* يمكن أن تستخدم عدة أنواع من الفاصلات)، ويمكن معرفة نوع الفاصلة بفتح الملف ببرنامج المفكرة أو أي محرر نصوص.

السطر الثاني يقول ارسم *plot* مستخدما *using* (يمكن كتابتها *u* فقط) العمود عشرين $20 في الملف *mass number.csv* ، لاحظ أن البرنامج يستخدم علامة الدولار $ للدلالة على رقم العمودي في الجدول، واجعل *with* الرسم البياني على شكل خط متصل بين النقاط *lines* (لو لم نكتب هذه الجزئية سيقوم البرنامج برسمها على شكل نقاط)، ويمكن إجراء عملية حسابية على العدد الكتلي أو إدخاله في معادلة مثل قسمته على 3 ، وستلاحظ أن البرنامج يسمح باختصار جملة *with lines* إلى الحرف الأول من كل منهما *w l* للتسهيل.

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' u :($20)/3 w l
```

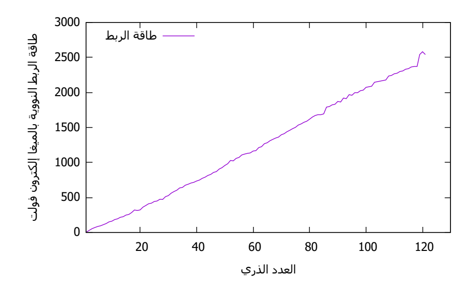
لنفرض أن جدول البيانات في الملف يحتوي على عدد كبير من الصفوف ونرغب باختيار مدى معين، مثلا نريد الرسم البياني للصفوف من 1 إلى 10 في الجدول وذلك بكتابة [1:10] بعد الأمر *plot* :

```
plot [1:10] 'mass_number.csv' u :($20) w l
```

مثال آخر: الرسم البياني لمعادلة طاقة الربط النووية القوية بين البروتونات، حيث العمود $20 العدد الكتلي، و $27 العدد الذري.

$$B_E=[M_x-(Zm_p+Nm_n)]\times 931$$

```
set datafile separator ','
plot 'mass_number.csv' /
u :(($20)-(($20)*1.007825+($20-$27)*1.008665))*931 /
w l
```

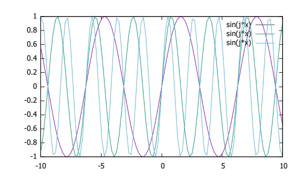


شكل 26.2: binding

تم تقطيع السطر بعد *plot* بسبب حجم الصفحة، لذا عند رغبتك بتجربة هذا المثال، فضلا احذف / ثم ضع كل ما بعد *plot* في سطر واحد.

تكرار الرسم بالحلقة البرمجية *loop*

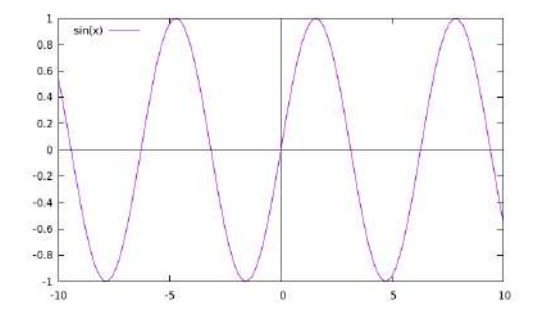
```
plot for [j=1:3] sin(j*x)
```



شكل 26.3: loop

نكتب المدى بعد *for* مع ملاحظة أن نعوض باسم المتغير في المعادلة المراد رسمها.

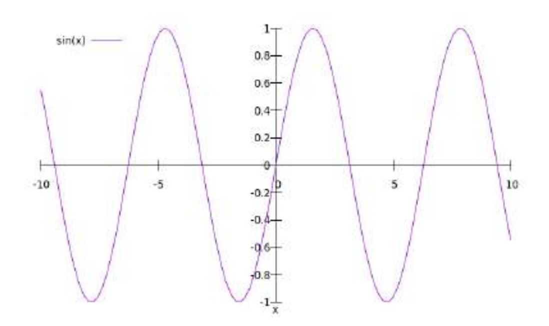
المحاور وسط الرسم البياني



أحيانا نرغب بجعل المحاور في وسط الرسم كما في الرسم التوضيحي، وللقيام بذلك نستخدم *zeroaxis* كما في الكود التالي.

```
set zeroaxis linetype 1 linecolor rgb '#000000'
```

ويمكن تحسين الرسم والتعديل عليه كما في الرسم والكود التالي.



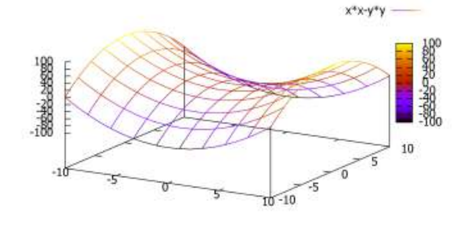

```
set zeroaxis linetype 1 linecolor rgb '#000000'
set xtics axis
set ytics axis
set border 0
```

السطر الأول لجعل المحاور في الوسط وبلون اسود (الافتراضي: اللون الوردي)، السطر الثاني والثالث لكتابة الإحداثيات على المحاور، والسطر الرابع لحذف الإطار المستطيل، وجميعها اختياريه يمكن حذف ما نشاء منها.

26.5.2 الرسم المجسم يتم باستخدام الأمر *splot*

مثال على الرسم المجسم باستخدام *palette* :

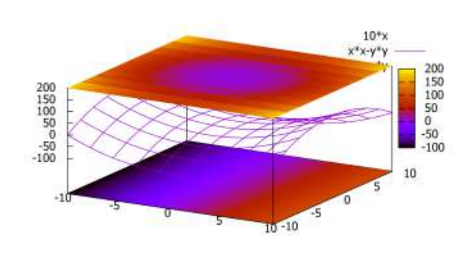
```
splot x*x-y*y with line palette
```



شكل 26.4: palette

مثال آخر على الرسم المجسم باستخدام *pm3d* مع *at b* لوضع الرسم في الأسفل أو *at t* لوضع الرسم في الأعلى، وبدون *at* لوضع الرسم في الوسط :

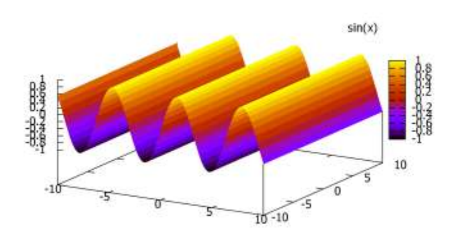
```
splot 10*x with pm3d at b
splot x*x-y*y
splot x*x+y*y with pm3d at t
splot 10*x with pm3d at b, x*x-y*y, x*x+y*y with pm3d at t
```



شكل 26.5: pm3d

مثال آخر

```
splot sin(x) w pm3d
```



شكل 26.6: pm3d

وأخيرا توجد الكثير من الخيارات والوظائف المتقدمة التي يمكن الاطلاع عليها في دليل المستخدم الخاص ببرنامج جنو بلوت، ولا تنس بعد أي رسم اكتب *reset* لمسح الذاكرة والبدء من جديد.

ملاحظات مهمة:



كثير من الأوامر التي تم شرحها مثل *xlabel* و *xrange* و *title* موجودة في الواجهة الرسومية في قائمتي *Axes* و *chart*، أي يمكن إضافتها بدون كتابة أي كود.
ملف csv هو ملف نصي يستخدم بكثرة لتصدير الجداول من اكسل أو كلك أو مواقع الويب، ويتميز بصغر حجمه ودعمه في جميع انظمه التشغيل، وجميع برامج الجداول الممتدة (حسب علمي) تدعم التصدير إليه.

26.6 برنامج Maxima

برنامج ماكسيما Maxima هو برنامج جبري (رياضيات وفيزياء) لحساب نتائج أي عملية رياضية تقريبا، من المعادلات البسيطة إلى معادلات التفاضل والتكامل، مرورا بالمصفوفات وكثيرات الحدود وتحليل العوامل واللوغارتمات وعلم المثلثات وغيرها من العمليات الرياضية، بالإضافة إلى الرسومات البيانية، وهو البديل المجاني لبرنامج Mathematica المشهور. البرنامج له عدة واجهات رسومية (يتم تركيبها بعد تركيب البرنامج) ولكن اشهرها منذ 25 سنة، واجهة Wxmaxima ، وهي واجهة سهلة وتم دمجها أخيرا في البرنامج (نسخة ويندوز)، ولا اعرف عن نسخة لينكس وماك، ولهذا أنصح به لجميع أساتذة الجامعات ومعلمي الفيزياء وطلاب الفيزياء في الجامعات، أما طلاب المرحلة الثانوية فلا اعتبره مهم لهم في الفيزياء، إن هذا البرنامج تم إنتاجه من عام 1967م أي من قبل اختراع الويندوز وأجهزة الحاسب الشخصي، أي عمره 49 سنة، ويتم تطويره بشكل مستمر، وهو من جامعة *MIT* الأمريكية العريقة، أخيرا بعد أن تكتب أي معادلة انقر Ctrl+Enter لإظهار النتيجة.

26.7 برنامج Octave

برنامج أوكتاف Octave هو برنامج حساب عددي (رياضيات) لحساب نتائج العمليات الرياضية العددية ورسمها. وللبرنامج واجهة رسومية مدمجة به. وهو البديل المجاني لبرنامج MatLab ، بل يمكن برمجة أوامر وعمليات الماتلاب عليه ويحفظ الملفات بصيغة m الخاصة بالماتلاب، وهو مفيد للمهندسين أكثر من الفيزيائيين، لكن يستخدم من قبل الفيزيائيين في الرسوم البيانية المعقدة المبنية على كمية بيانات كبيرة ناتجة عن تجربة معينة.

26.8 برنامج PHET

برنامج فيت PHET ، هو برنامج تكنولوجيا الفيزياء التعليمية، إنه برنامج رائع من إنتاج جامعة كلورادو الأمريكية، وتشارك جامعة الملك سعود السعودية في تمويله، وهو مختبر علمي افتراضي، يحتوي قريبا من 100 تجربة فيزيائية مشهورة تغطي مناهج المرحلة الثانوية والجامعية، ويستطيع الطالب إجراء التجارب من خلال الحاسب الآلي في منزله أو مدرسته، دون الاتصال بالنت، وفي نفس الوقت مجاني، ومتعدد اللغات، ومعرب تقريبا، ويسمح بالمشاركة في تعريبه.

26.9 برنامج Inkscape

برنامج إنكسكيب inkscape هو برنامج رسم متجهي* يساعد الفيزيائي وغيره على رسم أي شيء، ويمتلك مميزات رائعه تجعله صديقا للفيزيائي، والبرنامج مجاني ويعمل على لينكس وويندوز، ويحتوي موقعه على مكتبه رسومات كبيرة تبرع بها مستخدمو البرنامج.

> برامج الرسم المتجهي هي برامج تخزن الرسوم على شكل معادلات رياضية بدلا من حفظها نقطة نقطة، ولهذا تكون ملفات رسوماتها صغيرة مهما كانت معقدة، وهو ما يجعلها تستخدم في الرسومات التي تتطلب دقة عالية، مثل تصميم العملات الورقية، والرسومات الهندسية في أوتوكاد، والرسومات المجسمة في ثريدي ستوديو، وبرامج الرسم الصناعي والعلمي.

26.10 برنامج R

برنامج R هو برنامج ممتاز يعمل كبديل مجاني ومفتوح المصدر لبرنامج الإحصاء المشهور SPSS ، ولهذا هو مفيد لعدد محدود من الفيزيائيين.

26.11 برنامج Lyx

برنامج Lyx.org هو افضل برنامج لكتابة الكتب العلمية ورسائل الماجستير والدكتوراه، ومبني على لغة Latex المختصة بكتابة الأبحاث العلمية، ولهذا فهو يعمل على فلسفة »ما تريد هو ما تحصل عليه« ، وليس »ما تراه هو ما تحصل عليه« ، أي ركز على الكتابة فقط وسيقوم البرنامج بالتنسيق نيابة عنك بطريقة احترافية، ويستطيع تصدير كتابك بصيغة بوستكربت عالية الجودة الخاصة بالمطابع الحديثة، بالإضافة إلى pdf والوورد والرايتر وغيرها. وقد تم اختراع لغة لتيك قبل اختراع الويندوز، ولهذا فإن بعض الجامعات والمجلات العلمية المشهورة تشترط تسليم نسخة من الرسالة العلمية أو المقالة أو البحث مكتوبا بلغة Latex ، ولشهرة هذه اللغة وقوتها تم بناء برنامج Lyx بواجهة سهلة ومعربة وتدعم اللغة العربية (الواجهة بلغة C) .



أنصح كل أستاذ جامعي بتركيب البرنامج (حتى غير الفيزيائيين) ، وأنصح به كل مدرس فيزياء أو رياضيات وكل شخص يريد كتابة رسالة الماجستير أو الدكتوراه أو حتى كتابة بحث علمي، برنامج Lyx لا يختص بالكتب العلمية فقط، إنه يخدم جميع الكتب وجميع الرسائل العلمية والأدبية.

قائمة الجداول

الفهرس

المصطلحات

مبدأ برنولي Bernoulli's Principle

أهداب التداخل Interference Fringes

اشباه الموصلات Semiconductors

الأشعة السينية X-ray

الإزاحة Displacment

الإشعاع الحراري Radiation

الإكسوسفير Exosphere

الاتزان الحراري Thermal balance

الازاحة الزاوية Angular displacement

الاستقطاب Polarization

الاسكان المعكوس Population inversion

الاندماج النووي Nuclear Fusion

الانشطار النووي Nuclear Fission

البكرة Pulley

التجاذب Attraction

التدفق الانسيابي Streamline Flow

التدفق المضطرب Turbulent Flow

التردد Frequency

التروبوسفير Mesosphere

التروبوسفير Stratosphere

التروبوسفير Troposphere

التسارع Accleration

التسارع الزاوي Angular acceleration

التشويب أو التطعيم Doping

التصادم Collision

التصادم المرن Elastic collision

التنافر Repulsion

التوازي Parallel Circuit

التوالي Series Circuit

التوتر السطحي Surface Tension

التوصيل الحراري Conduction

التوصيل على التوازي Parallel Circuit

التوصيل على التوالي Series Circuit

الثيرموسفير Thermosphere

الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic induction

الحركة Mechanics

الحمل الحراري Convection

الخاصية الشعرية Calpillary Action

الخلية الكهروضوئية Photoelectric cell

الدفع Impulse

الديناميكا Dynamics

الذرة Atom

الزاوية الحرجة Critical Angle

الزخم Momentum

الزمن الدوري Time Periodic

السرعة Speed

السرعة الزاوية Angular velocity

الشغل Work

الضغط Pressure

الضغط الجوي Atmospheric pressure

الطاقة الحركية Kinetic energy

الطاقة الحركية Kinetic energy

الطور Phase

الطول الموجي Wavelength

الطيف الخطي spectrum Line

الطيف المستمر spectrum Continuous

العزم Torque

العوازل Insulators

الوزن النوعي specific gravity

الوسط Medium

الوصلة الثنائية pn junction

انكماش الطول Length Contraction

بذور العشب Grass Seeds

تأثير كمبتون Compton effect

تجويف رنيني خارجي cavity resonant External

تجويف رنيني داخلي cavity resonant Internal

تدفق دوامي Vortex Flow

ثابت الشبكة البلورية Lattice constant

ثنائي القطب الكهربائي Electric Dipoles

حجم الذرة Nuclear size

حيود الشق الأحادي Single slit diffraction

خطوط المجال Field Lines

خلية كهروحرارية Thermoelectric

درجة الحرارة Temperature

رد الفعل Reaction

سرعة آلة آتوود Atwood machine velocity

سعة الموجة Amplitude

شبه منفذة Semitransparent

طاقة الوضع المرونية Elastic potential energy

عدسة الجاذبية Gravitational lensing

فونون Phonon

قاع Trough

قمة Crest

قناة استاكيوس Eustachian Tube

قوة التلاصق Adhesion

قوة التماسك Cohesion

قوة الطفو Buoyant Force

كميات أساسية ومشتقة Fundamental and Derived

كمية الحرارة Thermal energy

المصادر

[1] Grass Gis project with gpl licene.

[2] siyavula images in github with creative 3 licene.

[3] Solar Physics Decadal. NATIONAL ACADEMIES PRESS.

[4] unitednuclear.com.

[5] فكرة الرسم من موقع وكالة ناسا.

[6] موقع ويكيبيديا. مجاني ومفتوح المصدر.

[7] Courtesy of NASA. NASA, 2007.

[8] كتيب الفيزياء الدورانية - الفصل9. جامعة كلورادو uccs, 2016.

[9] Lee. Physics. Duke University, 2010.

[10] ocw.mit.edu. المشروع المفتوح لمعهد ماساتشوستس للتقنية.

[11] openstax. team. College Physics.

[12] Dr. Eric Ayars,California State University. Computational Physics With Python. 2013.

[13] wolfweb.unr.edu. موقع ذئب الانترنت. جامعة نيفادا.

[14] نخبة من الأساتذة. مبادىء الفيزياء. الدار الدولية للنشر والتوزيع, 1997.

[15] علي سعيد-سهام الجاسم. أسس الكيمياء النووية.

[16] عبد الرحمن فكري و محمد العدوي. النظرية النسبية.

[17] مجلة علوم بالعربي. الثوريوم.

[18] د.عويش حربي. أساسيات في الفيزياء العامة.

[19] نوبل موريس. الالكترونيات.

[20] د.ابراهيم ناصر. النظرية النسبية.